Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт географии Российской академии наук

На правах рукописи

Дмитриев Руслан Васильевич

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕСТ

Специальность: 1.6.13 –
Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

Диссертация на соискание ученой степени
доктора географических наук

Научный консультант:
доктор географических наук, профессор
Шупер Вячеслав Александрович

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Представленное исследование посвящено собственно теории центральных мест (ТЦМ) – не столько ее приложению к системам расселения, сколько уточнению и, по возможности, совершенствованию методического аппарата. Исторически развитие ТЦМ происходило по схеме восхождения от эмпирического к теоретическому уровню научного познания: наблюдение за поселениями – реальными объектами ⇒ переход к эмпирическим фактам и зависимостям через поселения – эмпирические объекты как «абстракции, выделяющие в действительности некоторый набор свойств и отношений вещей» [Степин, 2006, с. 158] ⇒ формулировка теоретических законов через поселения – идеализированные объекты, наделенные, в отличие от эмпирических, «не только теми признаками, которые мы можем обнаружить в реальном взаимодействии …, но и признаками, которых нет ни у одного реального объекта» [там же, с. 159].

В соответствии с этой схемой можно выделить два подхода в рамках исследований по ТЦМ. В основе первого из них лежит стремление исследователей как можно ближе подвести друг к другу (в пределе – совместить) в сущностном отношении реальные поселения и центральные места – прежде всего, посредством усложнения математического аппарата: в уравнения ТЦМ вводятся новые коэффициенты, развитие систем центральных мест рассматривается как совокупность случайных процессов с привлечением теории вероятностей, и пр. В методологическом отношении этот подход достаточно уязвим для критики, поскольку фактически предполагает тождество эмпирических и идеализированных объектов; эмпирического и теоретического уровней научного исследования. Таким образом – упрощенно – в ТЦМ вводится то, чего в ней изначально не было: для научного исследования в целом такая методика не всегда плоха, однако же ее целесообразность для случая ТЦМ нуждается в обосновании.

Второй подход предполагает, во-первых, концентрацию внимания исследователя на собственно ТЦМ с минимально возможными заимствованиями из других областей научного знания – прежде всего естественнонаучных и технических. Во-вторых, он сосредоточен в основном на третьей ступени представленной выше схемы – формулировке теоретических закономерностей.

Несмотря на сложность четкого разграничения двух подходов, в целом, можно говорить о преобладании первого из них в зарубежных исследованиях, а второго – в российских. На наш взгляд, потенциал ТЦМ в отношении установления теоретических закономерностей как достоверного знания раскрыт еще далеко не в полной мере, что обуславливает **актуальность исследования**. Для его раскрытия мы будем опираться прежде всего на подход, принятый в отечественных исследованиях, предполагая примат содержания над формой как идеи над методом-машиной – продолжением «человеческой руки» [Маркс, 1952, с. 392].

Теоретико-методологическая основу исследования составляют труды зарубежных (В. Кристаллер, А. Лёш, М. Бекманн, Б. Берри, М. Дейси, Дж. Парр, Э. Ульман) и отечественных (Ю.В. Медведков, В.А. Шупер, Ю.Р. Архипов, А.А. Важенин, А.Л. Валесян, И.А. Худяев, П.П. Эм) специалистов в области теории центральных мест и теории экономического ландшафта. Значительное влияние на формирование авторской позиции оказали работы по теоретической и математической географии, теории географии и пространственного развития А.Д. Арманда, С.М. Гусейн-Заде, Б.Б. Родомана, Ю.Г. Саушкина, С.А. Тархова, А.К. Черкашина; Ф. Ауэрбаха, В. Бунге, Дж. Зипфа, У. Изарда, И. Тюнена, П. Хаггета, Д. Харвея.

В работе применяются следующие методы: аксиоматический, гипотетико-дедуктивный, идеализации, системно-структурный, сравнительно-географический.

Объект исследования – системы центральных мест.

Предмет исследования – структурная организация систем в соответствии с принципами иерархии центральных мест по численности населения (популяционная структура) и их взаимного расположения в кристаллеровской решетке (пространственная структура).

Цель исследования – установление траекторий и выявление закономерностей эволюции структуры систем центральных мест. Для достижения указанной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Выявить возможности и ограничения логического перехода в исследованиях от реальных систем расселения к системам центральных мест;

2. Уточнить аксиоматический фундамент теории центральных мест для случая изолированных (конечных) решеток;

3. Установить пошаговую последовательность развертывания и сворачивания систем центральных мест;

4. Выявить преимущества теории центральных мест в сравнении с другими конструктами – для объяснения стадиальности развития систем расселения;

5. Предложить методику анализа популяционной и пространственной структур систем центральных мест и показать возможности ее применения для установления последовательности этапов их эволюции.

Гипотеза исследования состоит в том, что эволюция системы центральных мест происходит плавно, а не скачками – в направлении локальных и глобального аттракторов, соответствующем увеличению сложности популяционной и пространственной структуры в случае положительной эволюции (развертывания) системы и снижению – в случае ее отрицательной эволюции (сворачивания). В этом проявляется фундаментальное сходство с эволюционной морфологией транспортных сетей С.А. Тархова [Тархов, 2005].

Информационная база исследования представлена источниками, содержащими сведения о людности (первичные и вторичные материалы переписей, регистров и данные текущего учета) населенных пунктов стран мира; а также онлайн сервисами, позволяющими рассчитать расстояния между ними.

Положения, выносимые на защиту:

1. Вопреки общепринятым представлениям, не существует выраженной зависимости между изменением доли городского населения и эволюцией

структуры систем центральных мест, определяемой показателем K – числом центральных мест более низкого уровня иерархии, уменьшенным на 1, подчиненных одному центральному месту более высокого уровня.

2. Концепция стадий урбанизации Дж. Джиббса и теория дифференциальной урбанизации Г. Гейера и Т. Контули не объясняют всех вариантов эволюции и непосредственно вытекают из теории центральных мест в качестве частного случая.

3. На каждом этапе эволюции системы существует единственный вариант иерархии центральных мест по численности населения и единственный вариант их расположения в решетке: в процессе исследования они определяются с помощью уравнений и принципов теории центральных мест.

4. Формирование кристаллеровской иерархии возможно на самых ранних этапах эволюции и требует меньшего по объему перераспределения населения между центральными местами в сравнении с зипфовским распределением; с ростом доли городского населения соответствие реального рангового распределения городов идеальному (по Зипфу) уменьшается.

5. Чем более поздний этап в своей эволюции проходит самостоятельная система, тем более она устойчива: к изменениям структуры систем в ходе эволюции наиболее приспособлены более высокие уровни иерархии.

6. Объединение систем центральных мест определяет прогрессивную направленность эволюции: новая структура формируется быстро и более устойчива, чем таковая каждой из образовавших ее систем. Разделение системы на изолированные части ведет к регрессу: структуры новых систем формируются гораздо дольше и оказываются на более раннем этапе своей эволюции, чем исходная.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Показано, что релятивистский вариант теории – в отличие от классического кристаллеровского варианта – позволяет рассматривать сельские поселения как центральные места, а их население – как размещенное в пределах решетки неравномерно.

2. В формальный аппарат теории введена динамическая составляющая в виде матриц переходов, позволяющая обосновать не случайный, а детерминированный и целенаправленный характер эволюции систем центральных мест.

3. Доказано, что численность населения центрального места 1-го уровня почти никогда не может превышать численности населения обслуживаемого им дополняющего района: системы с иными параметрами либо неустойчивы, либо представляют собой части более крупных систем.

4. Установлено, что, вопреки сложившимся представлениям, для пребывания системы центральных мест в состоянии изостатического равновесия не обязательно строгое чередование уровней иерархии по численности населения по типу «легкий – тяжелый – легкий – и т.д.».

5. Выявлено, что включение Республики Бурятия и Забайкальского края в состав Дальневосточного федерального округа с точки зрения теории центральных мест нецелесообразно, поскольку на протяжении длительного времени системы Западной Сибири, Восточной Сибири и Дальнего Востока развиваются самостоятельно, не образуя единой системы центральных мест в пределах Азиатской России.

Практическая значимость исследования определяется, во-первых, тем, что выявленная последовательность стадий эволюции систем центральных мест позволяет выделять целостные системы расселения и прогнозировать их дальнейшее развитие. Во-вторых, предлагаемый в диссертации теоретико-методический инструментарий может быть использован для решения задач планирования систем расселения. В-третьих, становится возможным предложить методы локализации населенных пунктов, местоположение которых историками и археологами к настоящему моменту точно не установлено.

Публикации и апробация результатов исследования. По теме диссертации опубликована 41 работа общим объемом 41,6 п.л. (с учетом авторского вклада), в том числе 11 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК по специальности 1.6.13, 1 индивидуальная монография.

Результаты исследования по теме диссертации были доложены и обсуждались на конференциях и семинарах:

международных – «Настоящее и будущее России в меняющемся мире: общественно-географический анализ и прогноз», Ижевск, 2021 г.; «Развитие регионов в XXI веке», Владикавказ, 2021 г.; Демографический форум, Воронеж, 2020 г.; “Urbanization and Regional Development in Russia and Europe”, Москва, 2019 г.; «Теоретические и прикладные проблемы географической науки: демографический, социальный, правовой, экономический и экологический аспекты», Воронеж, 2019 г.; «Общественная география в меняющемся мире: фундаментальные и прикладные исследования», Казань, 2019 г.; «Пространственная организация общества: теория, методология, практика», Пермь, 2018 г.; “Practical geography and XXI century challenges: IGU Thematic Conference dedicated to the centennial of the Institute of Geography of Russian Academy of Sciences”, Москва, 2018 г.; «Факторы и стратегии регионального развития в меняющемся геополитическом и геоэкономическом контексте», Грозный, 2016 г.; «Полимасштабные системы “центр-периферия” в контексте глобализации и регионализации: теория и практика общественно-географических исследований», Симферополь, 2015 г.; VIII Валентеевские чтения «Междисциплинарные исследования населения: 50 лет университетской демографической школе», Москва, 2015 г.; «Стратегические направления и инструменты повышения эффективности сотрудничества стран – участников Шанхайской организации сотрудничества: экономика, экология, демография», Уфа, 2013 г.; «Инновационное развитие экономики России: региональное разнообразие», Москва, 2013 г.; «Глобалистика – 2013», Москва, 2013 г.; «Новое в исследовании населения», Москва, 2012 г.; «Картоведение: история и современность, теория и практика», Москва, 2012 г.; «Региональные проблемы преобразования экономики: международное сотрудничество и межрегиональная интеграция», Москва, 2012 г.; «Инновационные технологии в сервисе», Санкт-Петербург, 2012 г.;

всероссийских – «Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика» (к 110-летию со дня рождения профессора Ю.Г. Саушкина), Смоленск, 2021 г.; XXXVI ежегодная сессия экономико-географической секции Международной академии регионального развития и сотрудничества «Инновации в территориальном развитии», Екатеринбург, 2019 г.; Ежегодная научная конференция Новой экономической ассоциации «Междисциплинарные исследования экономики и общества», Москва, 2013 г.; «Современные проблемы геологии, географии и геоэкологии», Грозный, 2013 г.; «Территориальная организация общества и управление в регионах (к 100-летию со дня рождения С.А. Ковалева)», Воронеж, 2012 г.;

региональных – методологический семинар Института географии РАН, Москва, 2021 г.; заседания отдела социально-экономической географии, лаборатории географии мирового развития, лаборатории геополитических исследований ИГ РАН, Москва, 2021, 2019 гг.; семинар ИГ РАН – МГУ имени М.В. Ломоносова «Новые точки роста географии мирового развития», Москва, 2019 г.; научные чтения географического факультета МПГУ (к 90-летию С.Н. Раковского), Москва, 2013 г.; заседания секций географии (2013 г.) и демографии (2012 г.) Центрального Дома ученых РАН, Москва.

Структура работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Объем основного текста диссертации, включая 31 таблицу и 31 рисунок, составляет 223 страницы.

ГЛАВА 1. ТЕОРИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕСТ: ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

1.1. Устаревший эмпирический конструкт или актуальный источник закономерностей в «чистом виде»?

Идея ввести этот параграф в работу возникла у автора под влиянием замечаний и предложений, поступивших от наших коллег на различных этапах обсуждения авторских разработок, в том числе в рецензиях на статьи. Схожие вопросы возникали и у нас при ознакомлении с исследованиями прежде всего зарубежных специалистов. В этой связи имеет смысл выразить сначала авторскую точку зрения на эволюционные процессы в системах расселения, начав с обсуждения того, зачем теория центральных мест (ТЦМ) вообще нужна, если она – по мнению некоторых исследователей – устарела и обладает недостаточной объясняющей и предсказательной силой по сравнению с другими теоретическими конструктами [Файбусович, 2010, с. 27; King, 1985; Van Meeteren, Poorthuis, 2018].

Рассмотрим таблицу из статьи [Meijers, 2007], в которой отражена точка зрения[1] некоторых исследователей на недостатки ТЦМ и преимущества сетевых моделей (Таблица 1.1.1) – см. также, к примеру, [Guo, 2018; Krenz, 2018; Nakoinz, 2012; Neal, 2011; Shearmur, Doloreux, 2015]. Мы постараемся критически разобрать каждый пункт таблицы, чтобы ответить на вопрос, заявленный в названии этого параграфа. Указанная таблица в частности и содержащая ее статья в целом оказали на нас действительно колоссальное влияние. Причина этого кроется в том, что, по нашему мнению, ее автор (и автор первоисточника) недостаточно глубоко знакомы с ТЦМ; а сравнение ими сетевых моделей осуществляется не с ТЦМ, прошедшей в своем развитии более чем 70-летний путь (к моменту публикации статьи [Meijers, 2007] и книги [Knaap, 2002]), а с ТЦМ, только что «вышедшей» из-под пера В. Кристаллера.

[1] Не получившая, однако, широкого признания среди специалистов по ТЦМ (см. [Parr, 2014; Taylor, Hoyler, Verbruggen, 2010]).

Таблица 1.1.1 – Изменения в результате перехода от иерархий к сетям

№	*Иерархия*	*Сети*
1	Фиксированное число уровней	Переменное число уровней
2	Число центральных функций возрастает с ростом иерархического уровня*, функции связаны с уровнем	Переменное число экономических функций для одного и того же уровня
3	Городское население равномерно распределено по территории	Неравномерное распределение городского населения по территории
4	Только вертикальные отношения между городами (на разных уровнях)	Горизонтальные и вертикальные отношения между городами

Источник: [Knaap, 2002, b. 168], с незатрагивающими сути источника изменениями автора.

* В данном случае уровни нумеруются снизу.

Самым поразительным, пожалуй, стал п. 3 таблицы: для того, чтобы убедиться в его неправомерности, достаточно взглянуть на рисунок кристаллеровской сетки в любой ее вариации. Один лишь факт наличия на этом рисунке пунсонов–центральных мест и «пустых» участков между ними убедительно свидетельствует о том, что в ТЦМ городское население ни при каких условиях не может быть «равномерно распределено по территории». Далее, однако, автор [Meijers, 2007] поясняет, что равномерно распределено не население, а «центральные места каждого класса» [там же, p. 247]. В то же время, к примеру, еще в 1960-х годах появилась так называемая задача Бунге о плотности центральных мест[2], а в 1990 г. в [Church, Bell, 1990] была показана возможность существования решеток с $K = 5$ и $K = 6$ (подробнее см. параграф 1.3). Очевидно, для них распределение и ЦМ, и тем более городского населения равномерным не будет[3]. Если же рассматривать изолированные кристаллеровские

---

[2] Решил ее С.М. Гусейн-Заде [Gusein-Zade, 1982].

[3] По крайней мере если равномерность определяется через равный вклад каждого ЦМ данного уровня в значение K для ЦМ более высокого уровня в случае $K = 3$; 4 или 7.

решетки (см., к примеру, [Важенин, 1997a] или текст нашей работы), то о равномерном распределении говорить не приходится в принципе. Таким образом, и городское население, и сами центральные места в ТЦМ совершенно не обязательно должны быть распределены равномерно (последнее имело место в исходной работе Кристаллера) – из этого следует, что заявленное в Таблице 1.1.1 преимущество сетевых моделей № 3 таковым не является.

Не менее удивительным для нас стал п. 1. В тексте статьи автор не раскрывает понятие «фиксированности» – здесь возможны два варианта:

1) если это – ограниченное сверху число уровней, то это же характерно и для сетевых моделей. Различие лишь в том, сколько ЦМ–населенных пунктов будет присутсвовать на каждом уровне. Даже если считать в сетевых моделях каждый населенный пункт принадлежащим отдельному уровню, то подобное распределение в логическом отношении будет близко зипфовскому, а преимущество формирования последнего над таковым в случае Кристаллера еще надо доказать (подробнее см. главу 3). Однако даже этот вариант фиксированности отнюдь не свидетельствует о том, что в ТЦМ число центральных мест ограничено «сверху»: то, что В. Кристаллер выделил в южной Германии 7 уровней, еще не означает, что их не может быть больше. Таким образом, если рассматривать этот вариант, то и в сетевых моделях число уровней «фиксировано»;

2) если это – постоянство числа уровней в системе в разные моменты ее развития, то и в данном случае ТЦМ не налагает каких-либо ограничений. Этот вопрос В. Кристаллер в своей работе подробно не рассматривает, поэтому не ясно, с какой именно «иерархией» в Таблице 1.1.1 автор [Meijers, 2007] в данном ключе сравнивает «сети». Как было показано, к примеру, в [Дмитриев, 2021c], число уровней в системе в разные моменты времени вполне может отличаться – иными словами, данный вариант автора [Meijers, 2007] фактически отрицает эволюцию систем ЦМ. Надеемся, что содержание нашей работы покажет неправомерность такого подхода. Таким образом, и в рамках п. 1 сетевые модели никакого преимущества над ТЦМ не имеют.

Несколько более сложным для рассмотрения оказывается п. 2 таблицы «преимуществ». Представим, что он действительно справедлив. Но как тогда в сетевых моделях распределять по уровням поселения, если их людность отличается (хотя бы на одного человека), а набор функций – разный? К сожалению, на этот вопрос ни автор статьи, ни другие специалисты четкого и однозначного ответа не дают. Но гораздо важнее другое: зарубежные исследователи зачастую помещают в один «сосуд» и центральные (экономические и/или какие-либо другие) функции, и людность поселений. Как было показано в [Шупер, 1996], такой подход лишен оснований, и одновременно мы не можем зафиксировать иерархию ЦМ и по людности, и по объему центральных функций. Объективность фиксации единственного варианта иерархии центральных мест по людности в рамках ТЦМ будет показана в нашей работе далее, сетевые же теории никакого преимущества в этом отношении не имеют.

Рассмотрим последний пункт Таблицы 1.1.1 – № 4. В случае ТЦМ утверждение автора статьи ошибочно, поскольку горизонтальные связи не только присутствуют, но и обуславливают (через показатель K) наличие вполне определенного числа ЦМ на каждом уровне иерархии. К примеру, при данной людности уже существующих ЦМ на 2-м или любом другом, кроме первого, уровне иерархии каждое следующее возникающее ЦМ – в зависимости от численности его населения – может либо попасть на этот же уровень иерархии, либо же, если его людность слишком велика, оно будет распределено уже на следующий уровень (подробнее см. ниже). Таким образом, ТЦМ позволяет учесть взаимодействие как между уровнями, так и в пределах одного и того же уровня иерархии – даже если людность составляющих его поселений будет отличаться[4].

Таким образом, *сетевые теории не только не имеют преимуществ перед ТЦМ, но и ограничены в своем применении гораздо большим числом слабых мест*. Возможно, в будущем последние будут устранены, и сетевые теории превзойдут по своей объяснительной и предсказательной функциям ТЦМ; в то же время мы

[4] Релятивистская ТЦМ позволяет свести на нет обвинения в адрес классического варианта теории, определяющего одинаковую людность ЦМ одного уровня.

не склонны однозначно противопоставлять ТЦМ и сетевые теории и выносить из совокупности последних теорию центральных мест. Как релятивистский вариант ТЦМ построен на основе классического варианта теории, и они соотносятся друг с другом как «старая» и «новая» теории, так и, вполне вероятно, сетевые конструкты смогут расширить и укрепить фундамент ТЦМ. Подчеркнем, что «старые» теории понимаются нами ни в коем случае не как сухие листья (по Э. Маху), которые отпадают «после того, как в течение известного времени давали возможность дышать организму науки» (цит. по: [Степин, 2005, с. 56]), а как основа для надстроек – новых теорий. Упомянем в этой связи и вторую часть формулировки принципа соответствия, предложенной И.В. Кузнецовым: «Математический аппарат новой теории, содержащий некоторый характеристический параметр, значения которого различны в старой и новой области явлений, при надлежащем значении характеристического параметра переходит в математический аппарат старой теории» [Кузнецов, 1948, с. 56]. Почему же именно ТЦМ привлекала и привлекает исследователей уже не одно десятилетие?

Первое: ТЦМ – теория дедуктивная. Иными словами, ее истинность гарантируется истинностью посылок, а не максимальным соответствием/объяснением реальной действительности. В этом заключается ее основное отличие от сетевых теорий, поскольку в географических исследованиях последние чаще всего выступают через модели на эмпирическом уровне познания. *ТЦМ, во-первых, имеет дело с объектами идеализированными, которые являются логическими реконструкциями действительности, и, во-вторых позволяет строить не столько функциональные модели, сколько модели принципа действия*. Таким образом, спор о целесообразности применения ТЦМ или сетевых моделей фактически сводится к спору о преимуществе теоретического или эмпирического уровня исследования. Однако, как представляется, смысла он не имеет: один не может быть хуже или лучше другого, это – лишь разные предметные срезы одной и той же реальности. С той лишь разницей, что эмпирические исследования «ориентированы на изучение явлений и зависимостей между ними», теоретические же – на «выделение сущностных связей в чистом виде» [Степин, 2006, с. 160].

Второе – в определенной степени как следствие первого: мы, географы-обществоведы (да и не только, вероятно, обществоведы), привыкли замечать явление, опосредованное территорией, объяснять его и – если повезет – строить модели с использованием методов математической статистики и пр. как основу для прогнозов. С ТЦМ это не работает: изначально именно она задает границы дозволенного, и уже на ее основе мы должны, по А. Лёшу, «удостовериться в том, что существующее целесообразно», поскольку «сравнения нужны не для проверки теории, а для верификации действительности» [Лёш, 2007, с. 461].

В отличие от сетевых теорий, релятивистская ТЦМ на основе показателя изостатического равновесия (см. ниже) задает состояния устойчивости систем в виде аттракторов – своеобразных локальных и глобальной целей их эволюции. Подобный подход характерен для теоретической географии в целом[5], и, по выражению В. Бунге, «не будь теории центральных мест, исчезла бы возможность с уверенностью говорить о существовании теоретической географии как уже сложившейся самостоятельной ветви науки» [Бунге, 1967, с. 140].

Третье: вероятно, ТЦМ – единственная, которая самостоятельно задает систему населенных пунктов – центральных мест. Иерархия последних, шестиугольная форма дополняющих районов, полиморфизм структуры систем – все это определяется и обосновывается самой ТЦМ; сетевые теории лишены подобной объяснительной силы – они лишь представляют исследователю возможность построения модели систем расселения, не объясняя перехода от реальных объектов к теоретическим.

---

[5] В соответствии с ее традиционным пониманием как научного направления, изучающего «в обобщенном, формализованном аспекте географическое пространство, *самоорганизацию геосистем и саморазвитие их структур*, пространственную организацию природных, общественных, природно-общественных географических объектов любого иерархического уровня» [Теоретическая география] (курсив наш – Р.Д.).

По А.Д. Арманду, «систему можно считать полностью определенной, если перечислены элементы, входящие в нее, набор связей (структур), множество состояний, принимаемых ею, и траектория поведения в заданных условиях. Если одна из четырех характеристик отсутствует, то система задана не полностью» [Арманд, 1988, с. 10]. ТЦМ определяет систему населенных пунктов следующим образом:

1) элементы: центральные места, обслуживающие себя и (в большинстве случаев) другие центральные места;

2) набор связей (структур): иерархия центральных мест по численности населения или же по объему предоставляемых услуг;

3) множество состояний: полиморфизм решеток через показатель *K* (подробнее см. параграф 1.3);

4) траектория поведения системы: с этим условием все не так однозначно. В литературе по ТЦМ мы не встречали достаточно четкого и обоснованного описания этого пункта – собственно, именно ему и посвящена наша работа. Очень надеемся, что по ее результатам можно будет приблизиться к тому определению системы, которое А.Д. Арманд назвал «полным».

ТЦМ, будучи одним из немногих формализованных конструктов общественной географии, подвергается критике за абстрактность постулатов [Johnston, 2007] и ошибки в исходных положениях [Nicolas, Gadal, 2009]. Первое замечание мы частично разобрали выше и еще вернемся к нему в параграфе 1.3; второе же замечание в равной степени может относиться как к ТЦМ, так и к любой другой теории. Действительно, ошибки в расчетах встречаются даже у крупнейших математиков своего времени (один из наиболее ярких примеров наших дней – доказательство в середине 1990-х годов Великой теоремы Ферма Эндрю Уайлсом, когда после казалось бы окончательного решения, представленного на одной из конференций, коллеги указали автору на существенный недостаток, который он исправил годом позже с помощью своего ученика; вспоминая об этих событиях в рамках интервью, Уайлс разрыдался перед камерой [Стюарт, 2019]). Тем не менее наличие ошибок в доказательстве отдельных положений ТЦМ – это безусловный *положительный* момент, поскольку и ошибочный путь может приводить новых исследователей к исправлению недочетов и развитию самой теории.

Таким образом, ТЦМ уникальна. Похожей на нее нет, никакая другая (в том числе сетевая) не может определить систему расселения в равной ей степени. ТЦМ по крайней мере в отношении иерархии по людности будет существовать столько, сколько будут существовать поселения, отличающиеся численностью населения. При этом тот факт, что исследования отечественных специалистов не достаточно знакомы коллегам из-за рубежа, выступает и слабостью российской школы ТЦМ, и ее силой. Слабость состоит в том, что отечественная наука в недостаточной степени включена в общемировой контекст; сила же – в том, что мы лучше «вооружены», и это преимущество необходимо использовать.

1.2. Этапы развития и новые вызовы[6]

О ТЦМ написано достаточно большое количество статей и книг. В этом параграфе мы бы хотели подойти к периодизации исследований в области ТЦМ и несколько более подробно остановиться на особенностях ее российской школы.

Предложенная В. Кристаллером в начале 1930-х годов, ТЦМ начала формироваться существенно раньше [Robic, 1993; Sonis, 2005]. *Докристаллеровский этап* развития ТЦМ характеризуется двумя направлениями исследований, определивших геометрическую (иерархия и/или взаимное расположение центральных мест и дополняющих районов) и экономическую (центральные функции) «составляющие» самой теории. Первое направление представлено прежде всего трудами Ж. Рейно [Reynaud, 1841], И. Коля [Kohl, 1841], Л. Лаллана [Шупер, 1995b], Ф. Ауэрбаха [Auerbach, 1913], руководителя диссертации В. Кристаллера в университете Эрлангена Р. Градманна [Gradmann,

---

[6] Мы искренне благодарим нашего венгерского друга и коллегу, специалиста по истории количественной революции в географии Золтана Гинелли (Zoltán Ginelli) за ценные замечания и рекомендации – в рамках обсуждения материалов этого параграфа.

1913] и др.; второе основывалось на работах И. Тюнена [Thünen, 1966], В. Лаунхардта [Launhardt, 1992], А. Вебера [Weber, 1929] и др. Оба направления формировались, будучи слабо связанными друг с другом, практически параллельно – в рамках почти исключительно немецких (и в меньшей степени французских) географических и экономических школ.

Термин «центральное место» был, по-видимому, введен в научный оборот несколько раньше защиты В. Кристаллером диссертации в 1932 г.[7], как и идея о формировании решеток (Рисунок 1.2.1). В то же время именно Кристаллер вывел гипотезу о членении пространства на зоны влияния на уровень теории.

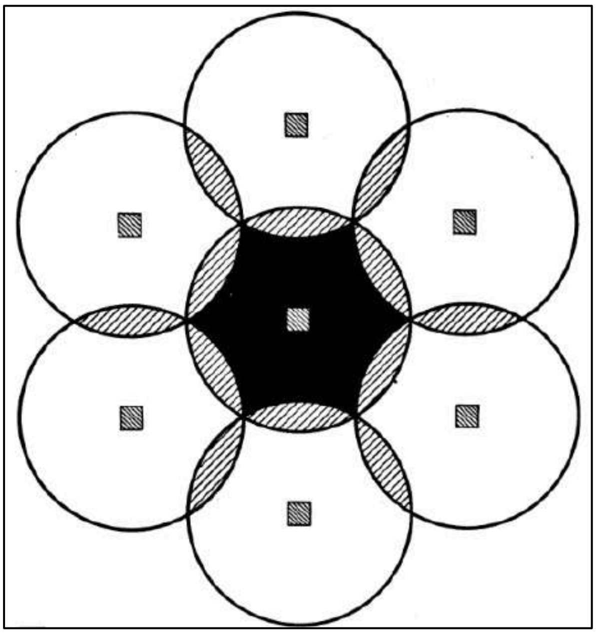


Рисунок 1.2.1 – Теоретическая форма сельскохозяйственного сообщества
Источник: [Galpin, 1915, p. 17]

Собственно кристаллеровский этап развития ТЦМ, продлившийся с 1933 примерно до середины 1950-х годов, ознаменовался появлением теории как таковой, а также эпохального труда А. Лёша [Лёш, 2007]. Последний рассматривал ТЦМ как частный случай собственных разработок. Основная характеристика этого этапа – осмысление теории как внутри Германии, так и за ее

[7] В следующем виде: «Города не растут сами по себе. Сельская местность настраивает их на выполнение задач, которые должны решаться в центральных местах» [Jefferson, 1931, p. 453].

пределами. Вследствие этого число работ по ТЦМ в указанный период было сравнительно небольшим. Хотя бытует мнение, что ТЦМ была воспринята исследователями не сразу, но, пожалуй, она никогда не знала такого расцвета в практическом плане как на этом этапе своего развития.

Буквально сразу после выхода книги В. Кристаллера появились первые рецензии [Bobek, 1935; Dörries, 1934; Wunderlich, 1933]. Уже во второй половине 1930-х годов появились статьи, посвященные применению ТЦМ на материалах Эстонии [Kant, 1935], Германии [Schlier, 1937] и др. Автор ТЦМ в той или иной форме сотрудничал с властями Германии в 1930-е и первой половине 1940-х годов, в связи с чем основные положения теории стали [Мазаев, 2010] базисом для планов заселения оккупированных территорий современных Польши, Чехии и Словакии [Rössler, 1989]. Изучалась возможность применения теория в первый период ее развития и в других странах: Нидерландах [Bosma, 1993], Швеции [Godlund, 1951], ЮАР [Carol, 1952], Великобритании [Dickinson, 1947], США [Ullman, 1941] и даже Польше [Dziewoński, 1948] и Израиле [Trezib, 2014].

Основной характеристикой *третьего этапа развития ТЦМ* до середины 1980-х годов стали различные преобразования теории с опорой на ее собственный потенциал. «Центр тяжести» исследований благодаря англоязычному переводу книги Кристаллера[8] смещается в англо-саксонский мир: на первое место выходят труды В. Бунге [Бунге, 1967], Б. Берри [Berry, 1969], У. Гаррисона [Berry, Garrison, 1958], У. Изарда [Isard, 1956], М. Дейси [Dacey, 1965] и др. В это же время появляются первые отечественные работы по ТЦМ – Ю.В. Медведкова [Медвдеков, 1967] и В.А. Шупера [Шупер, 1980]. ТЦМ

[8] Чаще всего в научной литературе фигурирует ссылка на издание [Christaller, 1966]. Однако на самом деле оно увидело свет почти десятилетием ранее в виде диссертации [Baskin, 1957], первая четверть которой (по объему) – собственно квалификационная работа автора; далее следует перевод на английский книги В. Кристаллера. В то же время первым книжным изданием перевода был польский – правда, в сокращенном виде [Christaller, 1963]. Третье (и, вероятно, последнее) переводное издание вышло на итальянском [Christaller, 1980].

применяется в это время отечественными специалистами при разработке Генеральной схемы расселения СССР [Наймарк, 1997; Шешельгис, 1967].

Количественная и теоретическая революции 1960-х – первой половины 1970-х годов, очевидно, затронули не только географию. Крайне интересным представляется практика использования ТЦМ в других науках. Наиболее близка к географии в этом отношении археология, хотя археологи разграничивают теоретическую археологию и теорию археологии фактически как методологию и методику (см., к примеру, [Клейн, 2004]), то есть совсем не так, как географы – теоретическую географию и теорию географии [Шарыгин, Чупина, 2017]. При этом практика использования ТЦМ в теоретической археологии сохранилась с 1970-х годов вплоть до настоящего времени (см., к примеру, [Коробов, 2014; Blanton, Kowalewski, Feinmann, Appel, 1981; Crumley, 1976; Heydari Dastenaei, 2020; Rood, 1982]).

Четвертый, современный этап развития ТЦМ, продолжающийся до настоящего времени, связан с тремя направлениями исследований: для работ в рамках первого из них (сначала американских, а ныне и китайских географов – С. Арлингхаус [Arlinghaus, Arlinghaus, 1989; 2005], Д. Гриффита [Griffith, 1988], Я. Чена [Chen, 2011] и др.) характерна глубокая количественная проработка ТЦМ – переход от изучения геометрии расселения к изучению геометрии шестиугольников. Новым методическим решением в рамках этого направления стало рассмотрение систем ЦМ как фракталов – множеств, обладающих свойствами самоподобия [Эм, 2014; The Mathematics …, 2019]. Второе направление исследований связано с междисциплинарным подходом[9] к ТЦМ в рамках прежде всего «новой экономической географии» (главным образом, труды П. Кругмана, японских экономистов М. Фудзита, Т. Мори [Fujita, Krugman, Mori, 1999] и др.).

[9] Плюсы междисциплинарных исследований несомненны, однако минусы могут быть очень и очень весомыми. «Между стыками растет бурьян» (цит. по: [Поддьяков, 2021, с. 11.]), – несмотря на смелость заявления, оно, мы полагаем, не лишено рационального зерна.

Третье направление исследований – почти исключительно российское – связано с изучением эволюционных процессов в системах ЦМ на основе как иерархического (А.А. Важенин, И.А. Худяев, Р.В. Дмитриев), так и экономического (П.П. Эм) подходов. Стоит отметить, что изучение феномена географического пространства имеет в отечественной общественной географии существенно более глубокую и «проработанную» традицию, нежели за рубежом [Горохов, Дмитриев, Агафошин, 2020]. Это привело к разработке собственного подхода к анализу соотношений в численности населения и расстояниях в системах ЦМ и реальных системах расселения представителями российской школы ТЦМ[10] – последователями «направления Медведкова» [Шупер, 2008]. При этом «и сам В.А. Шупер, и его аспиранты много раз касались темы метрики пространства … в ходе все более глубоких исследований теории центральных мест» [Смирнягин, 2016, с. 14].

1.3. Аксиомы, показатели и соотношения

Если считать ТЦМ одним из вариантов объяснения организации пространства, то в ней можно выделить ряд аксиом и неопределяемых понятий – своего рода фундаментальных «правил игры», не требующих доказательств условий существования дальнейших построений. Разумеется, ставить на одну доску раздел математики и раздел географии не совсем корректно, однако и в ТЦМ, и в Евклидовой геометрии (в трактовке Д. Гильберта) таких аксиом (вернее, групп аксиом) насчитывается пять. При этом можно в определенном смысле говорить об их соответствии друг другу (Таблица 1.3.1)[11]. Рассмотрим более подробно каждую из аксиом ТЦМ.

---

[10] Ее основы были заложены Ю.В. Медведковым [Медведков, 1967] и В.А. Шупером [Шупер, 1990], а затем развиты А.Л. Валесяном [Валесян, 1995], А.А. Важениным [Важенин, 1997b], Ю.Р. Архиповым [Архипов, 2002]; И.А. Худяевым [Худяев, 2010], П.П. Эм [Эм, 2013b]. Надеемся, что это удалось и автору данной работы, который, безусловно, относит себя к этой школе.

[11] К примеру, аксиомы непрерывности в геометрии связаны с аксиомой о бесконечном

Таблица 1.3.1 – Аксиомы геометрии и теории центральных мест

Аксиомы геометрии	*Аксиомы теории центральных мест*
Аксиомы непрерывности	Аксиома о бесконечности пространства
Аксиомы принадлежности	Аксиома об однородности и изотропности пространства
Аксиомы конгруэнтности	Аксиома о максимальной компактности зон
Аксиома о параллельных прямых (или равносильные ей)	Аксиома о полиморфизме систем центральных мест
Аксиомы порядка	Аксиома о «рациональном» поведении потребителя

Составлено автором по: [Гильберт, 1923; Шупер, 1995а].

Аксиома о бесконечности пространства. Основным понятием ТЦМ служит центральное место – поселение, выполняющее центральные функции (в конечном счете сводящиеся к более привычным географам градообразующим и градообслуживающим [Лаппо, 1997]) в отношении себя самого и своего окружения – дополняющего района. Последний, в свою очередь, состоит из поселений, которые не имеют столь разветвленной системы центральных функций как у более крупного в этом отношении ЦМ, а также сельских поселений, обслуживающих фактически лишь себя – да и то не в полной мере.

Таким образом, степень диверсификации набора центральных функций предопределяет распределение ЦМ по этому показателю – от более богатых центральными функциями к менее насыщенным ими. ЦМ выстраивается в

пространстве в ТЦМ следующим образом: одна из аксиом непрерывности – это аксиома линейной полноты, в соответствии с которой совокупность всех точек произвольной прямой нельзя пополнить новыми точками так, чтобы на пополненной прямой были определены, во-первых, соотношение «лежит между» и, во-вторых, порядок следования точек. Иными словами, нельзя сказать, какая точка – последняя на прямой. Точно так же в бесконечном пространстве в рамках классической ТЦМ появление новых ЦМ ничего не говорит о том, какое из них будет «крайним» в решетке.

иерархическую цепочку, образуя своего рода плоскую матрешечную систему с «вложением (суперпозицией) функций» [Черкашин, 2020а, с. 15]. Поскольку при прочих равных условиях «… существует прямая связь между величиной населения города и его значением в социально-экономической и культурной жизни» [Шатило, 2021, с. 4] (то есть объемом центральных функций), иерархия ЦМ возникает и по их людности. Далее в нашем исследовании, если не указано иное – в аспекте принципа дополнительности, предложенного В.А. Шупером [Шупер, 1996] – мы будем говорить прежде всего об иерархии ЦМ по численности населения, а не по объему выполняемых ими центральных функций. Указанный принцип заключается в том, что мы не можем для некой существующей системы ЦМ одновременно зафиксировать и их иерархию по численности населения, и совокупность центральных функций по обслуживанию себя и дополняющих районов. Тем не менее две этих «составляющих» формирования решетки неразрывно друг с другом связаны, окончательно отделить их невозможно.

В решетках Кристаллера ЦМ, находящиеся на уровнях иерархии, обозначаются пунсонами, размер которых связан не с реальным (географическим/физическим) размером поселений, а именно с численностью их населения: чем больше размер пунсона, тем больше людность. Таким образом, поскольку «размерами и формой … в условиях данной конкретной задачи можно пренебречь» [Кириченко, Крымский, 2013, с. 12], теория оперирует ЦМ как материальными точками, масса которых в качестве первого и важнейшего параметра самой теории выражается через людность[12]. Таким образом, можно заключить, что *ТЦМ имеет дело с пространством физическим, а не: 1) математическим*, хотя в обоих случаях вторая характеристика системы ЦМ – расстояние между ними как функция людности – и будет определяться

[12] Один из параграфов замечательной книги В.В. Покшишевского носит название «Город занимает не точку, а площадку» [Покшишевский, 1971, с. 113]. В ТЦМ он занимает именно точку.

геометрически; *2) географическим*, поскольку для последнего размеры и форма есть его суть, и ими пренебречь нельзя.

Это замечание принципиально важно в контексте аксиомы о бесконечности пространства. Представим, что физическое пространство в ТЦМ действительно бесконечно[13], то есть содержит при этом бесконечно много структурных элементов решетки как в горизонтальном (без краевых эффектов), так и вертикальном (в отношении иерархии) измерениях[14]. Упрощенно – решетка имеет бесконечную площадь и может содержать бесконечно много иерархически выстроенных ЦМ. Второе выполняется также и в том случае, если мы возьмем для рассмотрения ограниченный участок бесконечной в горизонтальном отношении решетки – именно такое следствие вытекает из рассматриваемой аксиомы, поскольку ни она, ни другие не накладывают каких-либо ограничений на число ЦМ. Однако же если масса физического тела гипотетически может быть неограниченно большой и неограниченно малой, то как поступить в этом случае с численностью населения ЦМ? Вероятно, оно ограничено численностью людей как вида вообще (система представлена одним ЦМ), что делает решетку конечной «сверху»; и численностью населения одного ЦМ, равной 1 человеку[15], что делает решетку конечной «снизу». Таким образом, аксиома ТЦМ о бесконечности пространства представляется нам опровержимой. Далее в нашей работе мы

---

[13] Хотя, если говорить о физическом пространстве вообще, то его конечность или бесконечность весьма относительны [Зельманов, 2006].

[14] В [Черкашин, 2017, с. 116] утверждается, что «в иерархических графических схемах … типы объектов одного уровня образуют таксономический слой, связанный (касающийся) только с одной таксономической единицей более высокого уровня». С таким подходом можно согласиться лишь отчасти, поскольку он приводит к вынужденной необходимости рассматривать иерархию ЦМ как развивающуюся не в одной, а в разных параллельных плоскостях. Это вряд ли возможно в ТЦМ.

[15] Разумеется, в поселении может вообще никто не проживать [Румянцев, Смирнова, Ткаченко, 2019], однако в этом случае вряд ли можно говорить о нем как о ЦМ. И даже в этом случае имеем ограниченность решетки «снизу».

постараемся обосновать непротиворечивость положения о конечных решетках в рамках ТЦМ.

Аксиома об однородности и изотропности пространства. Данная аксиома говорит нам об одинаковости его свойств, во-первых, во всех его точках (кроме материальных точек – собственно ЦМ) и, во-вторых, по всем направлениям. Свойство однородности пространства в классической ТЦМ определяет равномерность размещения сельского населения, или, упрощенно, то, что сельские поселения не являются ЦМ. Однако, даже если каждый сельский житель (а не только сельские поселения) будет представлен в пространстве материальной точкой, их число будет конечным – учитывая отмеченную выше противоречивость аксиомы о бесконечности. Иными словами, свойства пространства «между» сельскими жителями отличаются от таковых в той его части, которая занята сельскими жителями. Это приводит к противоречивости аксиомы об однородности пространства в части размещения сельского населения, то есть, *чтобы эта часть аксиомы была непротиворечивой, сельские поселения также должны представлять собой ЦМ* – вероятно, последнего, самого низкого уровня иерархии. Далее в нашей работе мы постараемся подтвердить непротиворечивость этого утверждения.

Теперь рассмотрим ту часть аксиомы, которая связана с изотропностью. Поскольку далее мы будем рассматривать пространство в ТЦМ как конечное, то конечно и число ЦМ в его пределах. В классическом варианте теории все они расположены в узлах и на ребрах между или же внутри правильных шестиугольников. Возьмем для рассмотрения ЦМ 1-го уровня и проведем из него до границ решетки бесконечное множество отрезков на бесконечном множестве направлений. Согласно этой части аксиомы, каждый отрезок должен пролегать между всеми ЦМ более низких уровней или по крайней мере проходить через одинаковое их число. Однако же, какой бы вариант решетки мы ни взяли, очевидно, что это положение соблюдается лишь в случае наличия только одного ЦМ 1-го уровня; появление еще хотя бы одного ЦМ делает не все направления одинаковыми. Можно подойти к этому вопросу и с другой стороны, использовав определение изотропности пространства через поворот системы на определенный угол [Сивухин, 1979, с. 200]. В этом случае при «наложении» мельчайших рыночных зон происходит, как показал А. Лёш [Лёш, 2007, с. 174], расчленение пространства на участки, содержащие больше и меньше поселений[16]. Иными словами, не все направления от ЦМ 1-го уровня оказываются одинаковыми – то есть налицо анизотропность.

Приведенные выше рассуждения в рамках аксиомы об однородности и изотропности пространства в ТЦМ приводят нас к двум весьма важным выводам:

1) непротиворечивость аксиомы в целом (с учетом замечания о сельском населении) возможна лишь в случае рассмотрения физического пространства как того, во что «погружены» ЦМ. Таким образом, *пространство в ТЦМ рассматривается абсолютным в трактовке И. Ньютона* («по самой своей сущности безотносительно к чему бы то ни было…» [Ньютон, 1989, с. 30]), *а не относительным в трактовке Г.-В. Лейбница* («порядок одновременных вещей, поскольку они существуют совместно» [Лейбниц, 1982, с. 441]). Это заключение будет крайне важным при рассмотрении реальных систем расселения с точки зрения ТЦМ;

2) поскольку однородность и изотропность пространства определяется через замкнутые (изолированные) системы[17], любые внешние силы не оказывают влияния на системы ЦМ. Таким образом, их *формирование происходит исключительно за счет внутренних свойств самой системы; любые же внешние факторы не оказывают никакого влияния на ход этого процесса*. Энтропия в

---

[16] В литературе часто встречается упоминание о вращении «каждой из гексагональных сеток вокруг общего центра» [Минакир, Демьяненко, 2014, с. 106] с целью «получить структуру в виде зубчатого колеса с шестью секторами, где разместится множество мест производства, а в шести промежуточных секторах их будет очень мало» [Липец, Пуляркин, Шлихтер, 1999, с. 75]. На самом деле А. Лёш никакого вращения не производил – этого не нужно делать и современным исследователям, поскольку чередование более и менее насыщенных местами производства секторов естественно существует в рамках сетки экономического ландшафта. Подробнее см. ниже.

[17] Несмотря на возможные отличия, в случае ТЦМ эти понятия синонимичны по своей сути.

замкнутой системе, согласно закону Клаузиса-Больцмана, «никогда не убывает – она увеличивается или, в предельном случае, остается постоянной. Соответственно этим двум возможностям все … процессы принято делить на необратимые и обратимые». При этом в случае обратимых процессов «энтропии отдельных частей системы … отнюдь не должны тоже оставаться постоянными» [Ландау, Лифшиц, 1976, с. 49]. Эти обстоятельства будут исключительно важными при определении далее в работе направлений эволюции и состояний «частных равновесий» [там же, с. 42] формирующихся систем ЦМ как части единой системы, стремящейся к установлению общего равновесия. Пока же отметим, что в свете высказанных замечаний мы достаточно скептически относимся к содержанию большого числа исследований (прежде всего зарубежных), оперирующих в рамках ТЦМ понятиями «случайность» в контексте не просто действия случая как непредвиденного обстоятельства, повлиявшего на структуру системы ЦМ; а именно в качестве «закономерной случайности» – рассматривающих эволюцию системы ЦМ как стохастический процесс [Dacey, 1966; Olsson, 1967].

Аксиома о максимальной компактности зон определяет шестиугольную форму решетки ЦМ. Как совершенно справедливо отмечает А.Д. Арманд, «формирование структур, подчиненных правилу плотнейшей упаковки, как правило, включает две стадии. Первая состоит в первоначальном “дележе” свободной территории между элементами системы, какой бы природы они ни были» [Арманд, 1988, с. 105]. После возникновения первого (по времени) ЦМ формируется его дополняющий район, постепенно ограничиваемый дополняющими районами других возникающих таких же поселений (Рисунок 1.3.1). По [Лёш, 2007], самой выгодной формой таких районов будет форма ячеек пчелиных сот: шестиугольники сравнивались с кругом, треугольником и квадратом равной площади[18].

[18] Примечательно, что 1990 г. в Journal of Regional Science (Q2 WoS CC и Q1 SCOPUS в 2021 г.) вышла статья, в которой была «доказана» следующая теорема: «Лучшая форма зоны влияния среди треугольников, квадратов и шестиугольников – это треугольник» [Drezner, 1990]. В

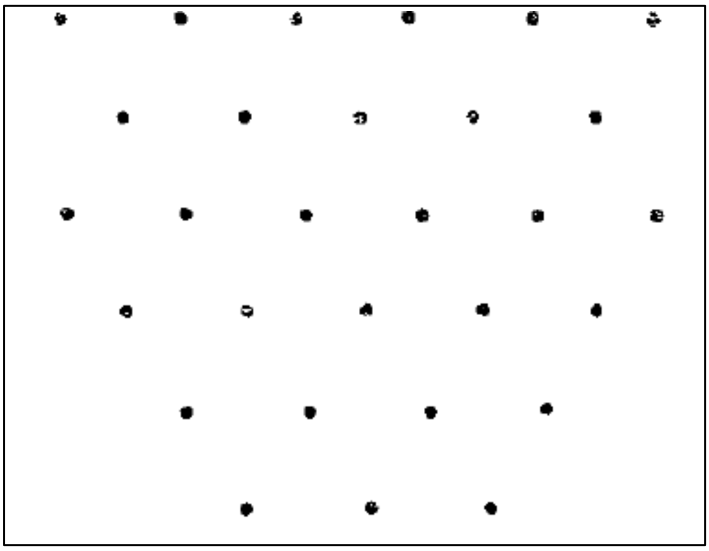


Рисунок 1.3.1 – Схема размещения центральных мест одного уровня иерархии по В. Кристаллеру
Источник: [Арманд, 1988].

При этом не совсем понятно, возникают ли однотипные поселения одновременно или в какой-то последовательности друг за другом. Однако из теорем проективной геометрии (Паскаля и Брианшона) и их вариаций непосредственно вытекает, что для запуска описываемой выше «первой стадии» необходимо лишь три поселения – все остальные могут возникнуть позже и именно во вполне определенных точках, совокупность которых образует сотовую структуру. Таким образом, численное решение вопроса выгодности той или иной формы дополняющих районов в бесконечной решетке, строго говоря, не является необходимым.

Аксиома о «рациональном» поведении потребителя приводит к очень интересному выводу о невозможности извлечения сверхприбыли поставщиками услуг в системах центральных мест (на этот факт указывал еще А. Лёш [Лёш, 2007]). Этот вывод означает, что в решетке одно ЦМ более низкого уровня должно иметь возможность обслуживаться по крайней мере двумя ЦМ предшествующего – более высокого уровня. Данное утверждение избыточно в

1992 г. в этом же журнале вышла статья С.М. Гусейн-Заде [Gusein-Zade, 1992], опровергающая предложенное доказательство и показывающая преимущество именно шестиугольной формы.

случае непротиворечивости аксиомы о бесконечности пространства; в противном случае (как в нашем исследовании) оно необходимо.

Соподчиненность ЦМ на разных уровнях иерархии получило в теории количественное выражение в виде показателя K. К настоящему моменту существует два общепризнанных способа его введения и определения. *Первый способ* – «наглядно-априорный»: он непосредственно вытекает из аксиом ТЦМ и рисунка решетки. При этом K рассматривается как число центральных мест данного уровня иерархии, подчиненных одному центральному месту предыдущего, более высокого уровня иерархии, плюс оно само. Очевидно, в этом случае K принимает лишь целочисленные значения, причем в классическом варианте ТЦМ возможны лишь три из них для случая бесконечной решетки: $3, 4$ и 7 – то есть одному ЦМ данного уровня полностью подчинены соответственно $6\times\frac{1}{3}=2$, $6\times\frac{1}{2}=3$ и $6\times1=6$ ЦМ следующего, более низкого уровня. Иллюстрация структуры этих решеток приведена во многих работах, начиная с книги В. Кристаллера – фактически эти структуры и стали общепринятыми при изложении основ ТЦМ в рамках учебных курсов (Рисунок 1.3.2).

В [Черкашин, 2020b] проведена попытка выведения в общем виде соотношений ТЦМ через первые интегралы дифференциальных уравнений. Такой подход, в целом, не нов для математической физики и теоретической механики: к примеру, достаточно давно установлено, что закон сохранения механической энергии служит первым интегралом уравнений Лагранжа второго рода. Однако, в рамках ТЦМ нарушается, по нашему мнению, логико-методологическая основа доказательства. Если мы возьмем для примера тот же закон сохранения механической энергии, то сначала он был выведен экспериментально, а позже – доказан в рамках теоретической механики. С ТЦМ такой подход не работает, поскольку она – теория дедуктивная: сначала были введены ее аксиомы, из которых напрямую следуют соотношения, которые были отражены в работах самого В. Кристаллера, А. Лёша, Дж. Парра и других специалистов. В [там же] математически выводятся соотношения, которые фактически установлены в рамках аксиом ТЦМ – являются их непосредственными следствиями и уже введены априорно. В этой связи необходимость вычислений вызывает у нас серьезные сомнения, тем более что никаких новых для ТЦМ соотношений в упомянутой статье не установлено.

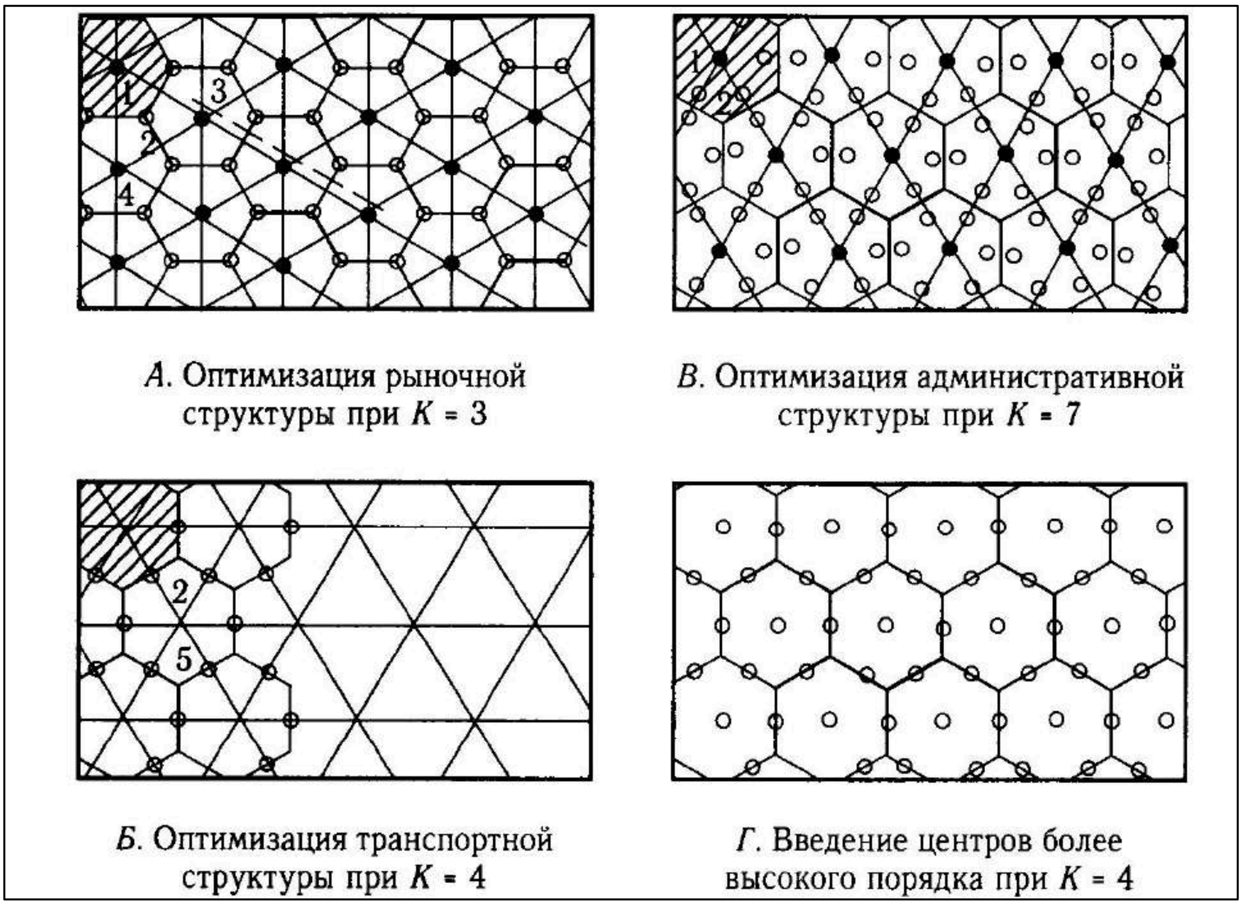


Рисунок 1.3.2 – Варианты структуры решетки в ТЦМ
Источник: [Липец, Пуляркин, Шлихтер, 1999, с. 68].

Второй способ определения K – геометрический. Иллюстрация этого способа для случая $K = 4$ представлена на Рисунке 1.3.3. Он использовался[19] А. Лёшем, где K трактуется как

$$K = \left(\frac{b}{a}\right)^2,$$

где b – «расстояние между двумя предприятиями одного типа» (на Рисунке $b = 2a$), a – «расстояние между снабжаемыми поселениями».

[19] Хотя А. Лёш применял для обозначение этого параметра букву *n*.

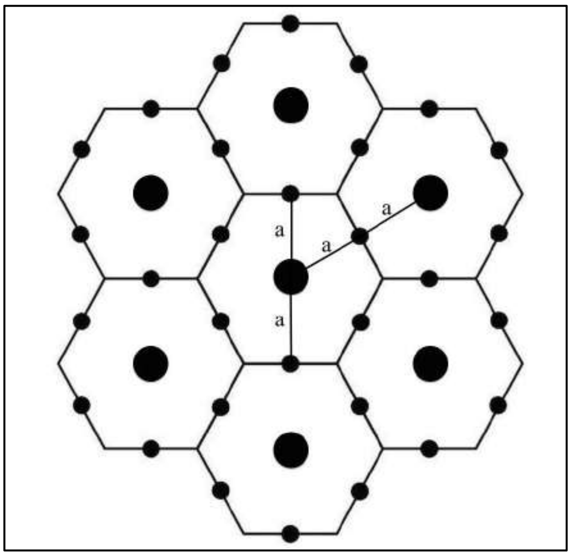


Рисунок 1.3.3 – Двухуровневый участок кристаллеровской решетки для $K = 4$:
а – расстояние от центрального места уровня n до центрального места следующего, нижележащего уровня $n+1$
Составлено автором. Источник: [Дмитриев, 2019b].

В случае регулярной решетки оба указанных способа идентичны с той лишь разницей, что, по Кристаллеру, значения K равны для всех уровней иерархии; по Лёшу же – наоборот, отличаются, поскольку экономический ландшафт представляет собой именно плоскую матрешечную систему экономических районов–решеток, геометрически выстроенных по мере увеличения их площади (Рисунок 1.3.4). Если у Кристаллера K может принимать только три значения, то у Лёша – сколь угодно много, каждое из которых определяется [Dacey, 1965] диофантовым уравнением вида

$$K = x^2 + x \times y + y^2,$$

где x и y – целые положительные числа.

Из определения K Кристаллером и Лёшем вытекает пятая *аксиома о полиморфизме систем ЦМ*. Далее, если не указано иное, нами будет рассматриваться именно ТЦМ с ее ограничениями на значения K. Таким образом, системы ЦМ могут существовать в разных модификациях, при этом в работах исследователей была установлена возможность существования систем и другой, отличной от Кристаллеровской структуры. Вероятно, для случаев $K = 5$ и $K = 6$ данное положение впервые было доказано зарубежными [Church, Bell, 1990], а для $K = 2$ – отечественными [Важенин, 1997а] исследователями.

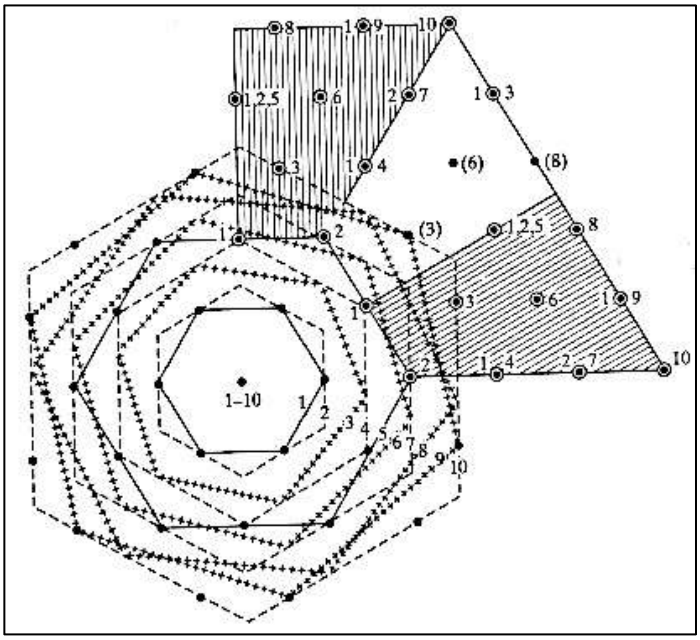


Рисунок 1.3.4 – Десять мельчайших рыночных зон в экономическом ландшафте А. Лёша

Источник: [Лёш, 2007, с. 174].

В то же время, учитывая возможную противоречивость аксиомы о бесконечности пространства в ТЦМ, перед нами встают два вопроса, на которые мы и попытаемся ответить в нашей работе:

1) обязательно ли значение K должно быть равным для всех уровней иерархии – тем более, если существует последний, самый низкий уровень, ЦМ которого если и могут кого-то обслуживать, то только себя;

2) может ли значение K не быть целым? В этом случае оно должно определяться только *предлагаемым нами третьим, расчетным способом*, поскольку в общем случае зависит от численности населения ЦМ на уровнях иерархии: иными словами, ЦМ данного уровня может обслуживать лишь не более какого-то определенного объема населения, включающего его собственное и население ЦМ более низких уровней.

Стоит отметить, что В.А. Шупером в [Шупер, 1995а] было выделено не пять, а шесть аксиом ТЦМ: к упомянутым выше было добавлено положение о *постоянстве параметра k – доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны – для всех уровней кристаллеровской иерархии*. Мы же не склонны относить его к категории аксиоматических по той причине, что оно, в отличие от остальных, не задает изначальных характеристик априорной модели (то есть, по Д. Харвею, «формализованного отображения образа структуры реального мира» [Харвей, 1974, с. 50]), а представляет собой их следствие. В этой связи, на наш взгляд, его необходимо отнести скорее к категории теорем ТЦМ, вытекающих из ее аксиом в той же степени, в какой из аксиом Евклидовой геометрии (по Д. Гильберту) вытекают, к примеру, теорема косинусов или теорема Фалеса. Именно в доказательстве *«константной теоремы»* о постоянстве доли центрального места и заключается суть следующего параграфа[20]. Также предстоит установить, справедлива ли она для всех значений указанного параметра либо лишь для вполне определенных, однако принадлежащих интервалу (0; 1)[21]. Фактически именно k выступает основой всей ТЦМ: если K отражает форму системы, то k – ее остов, связывающий уровни и не дающий системе распасться на отдельные, не связанные друг с другом части. Можно даже сказать, что в том случае, если нам удастся опровергнуть положение о равенстве значений k для всех уровней иерархии (возможно, за исключением

---

[20] В соответствии с замечанием С.М. Гусейн-Заде, высказанным на нашей предзащите, в эмпирических науках в принципе не следует говорить о стопроцентной обоснованности: выводы теоретических конструкций могут быть верны только в рамках некоторых гипотез. Однако, на наш взгляд, во-первых, вряд ли можно отнести географию на 100% к эмпирическим наукам: то, что она выглядит таковой, не означает, что она таковая и есть или что она должна быть таковой по своей сути. Во-вторых, выводы и в такой вроде бы неэмпирической науке как математика верны только в рамках некоторых гипотез – взять хотя бы такие неопределяемые (аксиоматические) понятия евклидовой геометрии как точка, прямая и др.

[21] Поскольку речь идет о системе центральных мест, использование открытого интервала очевидно. В противном случае центральных мест могло не быть вообще (интервал с включенным «0») либо же оно оказалось единственным (интервал с включенной «1»).

последнего, самого низкого), то это приведет к серьезному сотрясению – едва ли не разрушению самих основ ТЦМ.

Основными характеристиками системы ЦМ выступают их масса (в нашем случае – численность населения) и расстояние между ними [Родоман, 1999]. Все ЦМ одного и того же уровня иерархии характеризуются в классическом варианте теории, во-первых, одинаковой людностью и, во-вторых, расположением на одинаковом расстоянии до ЦМ предыдущего или следующего уровня иерархии. Расстояние измеряется по прямой как кратчайший путь между двумя точками на плоскости – это следует из аксиомы об однородности и изотропности пространства в ТЦМ.

Разумеется, в реальных системах расселения подобные соотношения в численности населения и расстояниях – крайне редкое исключение. Естественным выходом из сложившейся ситуации видится представление реальных систем в форме систем ЦМ, то есть моделирование: реальные свойства систем расселения заменяются таковыми для систем ЦМ. Именно в этом случае возникают такие характеристики как «идеализированная территория» [Иодо, Протасова, Сысоева, 2015, с. 65], «изотропная равнина» [Ikeda, Murota, 2014, p. 5] и др., исследования степени устойчивости симметричного распределения [Allen, Sanglier, 1979]. Особых успехов в этот направлении достигли зарубежные специалисты в области ТЦМ – обычно гораздо более подготовленные в математическом отношении по сравнению с отечественными[22].

С сожалением констатируем, что идею при таком подходе в современных исследованиях в области ТЦМ (и не только) все более вытесняет метод

[22] Трудно в этой связи не согласиться с точкой зрения В.А. Шупера, в соответствии с которой «математическая подготовка отечественных географов сейчас много хуже, чем во времена подъема, когда на географическом небосклоне сияло целое созвездие блистательных “математизаторов” и “модельеров”, включая и профессиональных математиков». Под «периодом подъема» здесь понимаются «60–70-е годы, когда в географии происходили “количественная” и “теоретическая” революции» [Шупер, 2012, с. 10].

(методика[23]) как своего рода «ключ от всех дверей». Повторяя в той или иной форме высказывание самого В. Кристаллера о том, что его «абстрактную … модель … в действительности … нигде нельзя встретить в чистой форме» (цит. по: [Саушкин, 1973, с. 271]), многие географы, экономисты и представители других направлений науки пытаются «подвести» как можно ближе друг к другу (в пределе – совместить) системы ЦМ и реальные системы расселения. Здесь – и современные ГИС [Theo, 2011], и трансформация показателей (к примеру, «не просто средние значения расстояний от главного центра до остальных центральных мест, а средневзвешенные по населению» [Худяев, 2010][24], и привлечение конструктов вроде правила «ранг–размер» [Liu, Liu, 2009], и попытка учета особенностей рельефа [Vionis, Papantoniou, 2019], и пр.

Такой подход весьма уязвим для критики, а по сути – вообще не имеет смысла: напомним, что ТЦМ имеет дело с физическим пространством, в то время как реальные системы расселения располагаются в пространстве географическом. Они отличаются друг от друга как минимум в отношении свойства однородности и изотропности, поэтому рассматривать в этом контексте «идеализированную территорию» или «однородную равнину» – то же самое, что пытаться одновременно сделать из, с одной стороны, однородного и изотропного пространства и, с другой, неоднородного и анизотропного нечто среднее – «полуоднородное и полуизотропное».

В основе подхода российской школы ТЦМ лежит не попытка свести друг с другом физическое и географическое пространство, а именно сравнение их характеристик в рамках систем ЦМ и реальных систем расселения. Система ЦМ выступает в качестве базы сравнения – своего рода образца: расстояния при этом

[23] В пределе переходящая в методологию по Г.П. Щедровицкому [Щедровицкий, 2014].

[24] Это уточнение совершенно излишне, поскольку в этом случае в рамках расчета показателя изостатического равновесия сравниваться между собой будут не идеальная и реальная структуры, а идеальная и неким образом преобразованная реальная – с приведенными к идеальным расстояниями при расчете эмпирического радиуса. Подобное приведение лишает сравнение всякого смысла. Подробнее см. ниже.

также измеряются по прямой, а сравнение численности населения, учитывая неодинаковость людности реальных поселений, проводится по уровням иерархии, а не по отдельным ЦМ. Соответствие реальной системы расселения системе ЦМ и степень устойчивости оцениваются количественно с помощью показателя изостатического равновесия. Для изолированных (самостоятельных) систем ЦМ описывающее его уравнение имеет вид:

$$\sum_{n=2}^{n-1} \frac{R_n^t}{R_n^e} = n - 2, \tag{3.3.1}$$

где n – число уровней иерархии в системе центральных мест, включая последний – представленный в частном случае сельскими поселениями,

R_n^t – теоретический радиус, отражающий соотношения в численности населения уровней иерархии,

R_n^e – эмпирический радиус, отражающий соотношения в расстояниях.

Соответственно, чем ближе сверху или снизу к значению показателя изостатического равновесия для идеальной системы (правая часть (3.3.1)) таковое для каждой конкретной системы (левая часть (3.3.1)), тем более последняя устойчива – стабильна, или равновесна[25]. То есть тем более уравновешены гравитационные эффекты, связанные с отличием в людности и расстояниях между ЦМ в этой системе и в соответствующей ей идеальной кристаллеровской решетке.

Таким образом, особенность подхода российской школы ТЦМ в конечном счете состоит в сравнении реальной системы расселения и системы ЦМ в рамках сравнения неоднородного и анизотропного географического пространства[26] систем расселения и однородного и изотропного физического пространства систем центральных мест. Собственно, российский подход в

[25] Стабильность и устойчивость используются нами в качестве синонимов («stabilis» с латыни и означает «устойчивый»).

[26] Хотя в отечественной традиции географическое пространство чаще всего наделяется одновременно свойствами континуальности и дискретности [Бакланов, 2013].

ТЦМ и отличается этим от зарубежного, в рамках которого происходит не сравнение, предполагающее наличие цели в эволюции систем, а «бесцельный» перенос свойств идеальной системы ЦМ на реальную систему расселения.

Здесь мы вплотную подходим к определению *принципа эквивалентности в релятивистской ТЦМ*, согласно которому формирование систем расселения в географическом пространстве происходит аналогично формированию систем центральных мест в физическом пространстве. В обоих случаях, если гравитационные эффекты скомпенсированы[27], мы не сможем отличить систему расселения от системы центральных мест, то есть, в конечном счете, неоднородное и анизотропное географическое пространство от однородного и изотропного физического. Непосредственное следствие этого – эквивалентность, с одной стороны, людности поселений и ЦМ и, с другой, расстояний между ними в реальных системах расселения и системах ЦМ.

Этот принцип, вероятно, может считаться частным случаем принципа эквивалентности А. Эйнштейна[28] и свидетельствует об отсутствии необходимости приведения к «единому знаменателю» свойств систем расселения и систем центральных мест, практикуемого многими зарубежными специалистами в области ТЦМ: необходимо именно сравнение степени их устойчивости – в частности, через показатель изостатического равновесия.

***

---

[27] Во втором случае (для традиционной кристаллеровской решетки) это условие справедливо всегда, в первом – если изменения людности поселений по отношению к предсказанной ТЦМ полностью уравновешиваются соответствующим изменением расстояния от них до крупнейшего по численности населения поселения системы.

[28] Согласно которому «все физические явления протекают совершенно одинаково в инерциальной системе отсчета K_g, в которой имеется однородное поле тяготения с ускорением силы тяжести g, и в равномерно ускоренной системе K_a, движущейся с ускорением –g относительно инерциальной системы отсчета без поля тяготения» (цит. по: [Логунов, Мествиришвили, Чугреев, 1996, с. 81]).

Таким образом, ТЦМ не уступает, а в ряде случае имеет очевидные преимущества перед конструктами, которые зачастую используются исследователями при анализе систем расселения – в частности, сетевыми теориями. В отличие от них ТЦМ, во-первых, *полностью определяет* систему поселений *и*, во-вторых, *объясняет* дедуктивный переход от реальных объектов к идеальным *и обосновывает* существование шестиугольных дополняющих районов, популяционную и пространственную структуру систем ЦМ как теоретических объектов.

ТЦМ обладает и преимуществом целеполагания, поскольку в своем релятивистском варианте предполагает существование аттракторов структуры. Особенность подхода российской школы ТЦМ [Гранберг, 2006] в конечном счете состоит в сравнении реальной системы расселения и системы ЦМ в рамках сравнения неоднородного и анизотропного географического пространства систем расселения и однородного и изотропного физического пространства систем центральных мест в контексте принципа эквивалентности. Направленность и цель развития структуры систем в рамках ТЦМ позволяют исследователю – в отличие от сетевых моделей, не предполагающих цели[29] – не только прогнозировать, но и направлять это развитие. В этом отношении именно ТЦМ представляется нам наиболее перпективным для использования конструктом – тем более, что ее внутренний потенциал к настоящему моменту раскрыт далеко не в полной мере.

---

[29] А если таковая и обозначается, то такие модели фактически переходят в ТЦМ, поскольку никакая другая структурной цели не задает.

ГЛАВА 2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕСТ

2.1. Доказательство постоянства значения доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны и определение ее инварианта для бесконечной кристаллеровской решетки[30]

Одной из первых работ, в которых была установлена связь между численностью населения центральных мест смежных уровней иерархии и обслуживаемых ими зон, стала статья М. Бекманна [Beckmann, 1958]. В количественном отношении такая связь выражается следующим уравнением (несколько измененном нами без искажения замысла автора):

$$P_n = p_n + S \times P_{n+1}\,, \qquad (2.1.1)$$

где p_n – численность населения центрального места уровня иерархии n,

P_n – общая численность населения зоны уровня n, включая p_n,

P_{n+1} – то же для следующего, нижележащего уровня $n+1$ (нумерация уровней иерархии производится сверху),

S – число центральных мест уровня иерархии $n+1$, подчиненных одному центральному месту уровня n,

при этом, очевидно, $S = K - 1$, где K – вариант кристаллеровской иерархии (в классической ТЦМ K = 3 или 4, или 7).

Очевидно, что при использовании уравнения (2.1.1) вне поля зрения исследователя остается дополняющий район (а, следовательно, и численность его населения) уровня иерархии $n+1$, непосредственно примыкающий к центральному месту уровня n. Данное недоразумение было замечено и устранено

---

[30] Содержание данного параграфа в значительной степени опирается на результаты, полученные в [Дмитриев, 2019a]. Мы благодарим д.г.н., заведующего лабораторией теоретической географии Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН А.К. Черкашина за подтверждение приведенных здесь расчетов и рекомендации по их графической иллюстрации.

Дж. Парром [Parr, 1969] спустя десятилетие после выхода статьи М. Бекманна. В результате уравнение (2.1.1) приобрело следующий вид:

$$P_n = p_n + S \times P_{n+1} + r_{n+1}, \tag{2.1.2}$$

где $r_{n+1} = P_{n+1} - p_{n+1}$ = население зоны, обслуживаемой центральным местом уровня $n+1$.

Помимо указанных, в [Beckmann, 1958] в расчеты был введен еще один показатель – k как доля центрального места в населении обслуживаемой им зоны. При этом, очевидно, для уровня иерархии x справедливо равенство:

$$k_x = p_x / P_x. \tag{2.1.3}$$

Несколько преобразуем (2.1.2), заменив S более характерным для ТЦМ показателем K. В этом случае уравнение, очевидно, примет следующий вид:

$$\begin{aligned} P_n &= p_n + S \times P_{n+1} + r_{n+1} = p_n + S \times P_{n+1} + P_{n+1} - p_{n+1} = \\ &= p_n + P_{n+1} \times (S+1) - p_{n+1} = p_n + P_{n+1} \times K - p_{n+1}\ . \end{aligned} \tag{2.1.4}$$

Далее приведем (2.1.3) к виду $P_x = p_x / k_x$, имея в виду под x смежные уровни иерархии n и $n+1$. Тогда, подставляя соответствующие значения P_x в (2.1.4), получим:

$$\frac{p_n}{k_n} = p_n + \frac{p_{n+1}}{k_{n+1}} \times K - p_{n+1} \Leftrightarrow \frac{p_n}{k_n} - p_n = \frac{p_{n+1}}{k_{n+1}} \times K - p_{n+1} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow p_n \times \left(\frac{1}{k_n} - 1\right) = p_{n+1} \times \left(\frac{K}{k_{n+1}} - 1\right) \Leftrightarrow p_n \times \left(\frac{1-k_n}{k_n}\right) = p_{n+1} \times \left(\frac{K - k_{n+1}}{k_{n+1}}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{p_n}{p_{n+1}} = \frac{k_n \times (K - k_{n+1})}{k_{n+1} \times (1 - k_n)}. \tag{2.1.5}$$

Отметим, что схожее уравнение было получено в работе [Шупер, 1995а]. Тем не менее оно отличается от полученного нами (2.1.5) одной существенной деталью – показателем степени при k_{n+1} в знаменателе правой части, равным 2. Как представляется, эта неточность является не более чем типографской опечаткой, которая, тем не менее, сказалась на приводимых [там же, с. 76] расчетах. Поясним это на конкретном примере.

Будем считать, что исходная «константная теорема» справедлива, то есть для любого значения x выполняется равенство $k_x = k_{x+a} = k$, где x и a принадлежат множеству натуральных чисел. В этом случае, очевидно, уравнение (2.1.5) приводится к виду

$$\frac{p_n}{p_{n+1}} = \frac{K-k}{1-k}. \tag{2.1.6}$$

Полученное уравнение было названо В.А. Шупером уравнением Бекманна-Парра. В то же время, если показатель степени при k_{n+1} в знаменателе правой части (2.1.5) отличен от 1, то уравнение (2.1.5) никоим образом не сводится к уравнению (2.1.6) при принятии постулата о постоянстве k_x.

Необходимо отметить также, что левая часть (2.1.5) должна быть как минимум больше 1. В этом случае правая часть (2.1.5) приводится к виду

$$k_n \times K > k_{n+1} \Leftrightarrow K > \frac{k_{n+1}}{k_n}. \tag{2.1.7}$$

Иными словами, строгое неравенство (2.1.7) является необходимым условием выполнения (2.1.5), а, следовательно, и (2.1.2). Более того, соотношения показателей k_x для смежных уровней иерархии, отличные от (2.1.7), невозможны в идеальной кристаллеровской решетке в принципе. При этом очевидно, что выдвинутый постулат о постоянстве значения показателя k не противоречит (2.1.7). Таким образом, доказательство постоянства показателя k для всех уровней иерархии путем перебора его возможных значений (как это предпринято в [там же]) вряд ли может считаться достаточным: к примеру, при $k_{n+1} = 0{,}1$ и $k_n = 0{,}3$, а также при $K = 4$ уравнение (2.1.5) благополучно выполняется. В этой связи мы приходим к выводу, что *вплоть до настоящего исследования строгое доказательство постоянства k для всех уровней иерархии кристаллеровской решетки не получено*.

Однако же примем его как имеющего место и посмотрим, к чему это приведет. В этом случае мы неизменно приходим к следующему уравнению, непосредственно вытекающему из (2.1.3):

$$\frac{p_n}{P_n} = \frac{p_{n+1}}{P_{n+1}}. \tag{2.1.8}$$

После приведения (2.1.4) к виду $p_n = P_n - K \times P_{n+1} + p_{n+1}$ и подстановки соответствующего значения p_n в (2.1.8), получим:

$$\frac{P_n - K\times P_{n+1} + p_{n+1}}{P_n} = \frac{p_{n+1}}{P_{n+1}}.$$

Данное уравнение сводится к следующему:

$$P_n\times P_{n+1} - K\times P_{n+1}^2 + P_{n+1}\times p_{n+1} - P_n\times p_{n+1} = 0 \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow K\times P_{n+1}^2 - P_{n+1}\times(P_n + p_{n+1}) + P_n\times p_{n+1} = 0. \qquad (2.1.9)$$

Найдем действительные корни полученного квадратного относительно P_{n+1} уравнения:

$$P_{n+1} = \frac{P_n + p_{n+1} \pm \sqrt{P_n^2 + 2\times P_n\times p_{n+1} + p_{n+1}^2 - 4\times K\times P_n\times p_{n+1}}}{2\times K}.$$

Очевидно, что (2.1.9) имеет решение (то есть справедливо предположение о постоянстве k) лишь при выполнении следующего условия:

$$P_n^2 + 2\times P_n\times p_{n+1} + p_{n+1}^2 - 4\times K\times P_n\times p_{n+1} \geq 0 \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow p_{n+1}^2 + p_{n+1}\times(2\times P_n - 4\times K\times P_n) + P_n^2 \geq 0. \qquad (2.1.10)$$

Введем обозначение $D = (2\times P_n - 4\times K\times P_n)^2 - 4\times P_n^2$. Произведя некоторые преобразования, получаем: $D = 4\times P_n^2\times(1 - 2\times K)^2 - 4\times P_n^2$. Поскольку в квадратном относительно p_{n+1} неравенстве (2.1.10) коэффициент при слагаемом p_{n+1}^2 равен 1, а $D > 0$, то множеством его решений является:

$$p_{n+1} \in (-\infty;\ P_n\times\left(2\times K - 1 - \sqrt{(1 - 2\times K)^2 - 1}\right)\Big] \cup$$
$$\cup \Big[P_n\times\left(2\times K - 1 + \sqrt{(1 - 2\times K)^2 - 1}\right);\ +\infty).$$

Иными словами, для выполнения (2.1.10) должна быть справедлива следующая система неравенств:

$$\begin{cases} p_{n+1} \leq P_n\times\left(2\times K - 1 - \sqrt{(1 - 2\times K)^2 - 1}\right) & (2.1.11) \\ p_{n+1} \geq P_n\times\left(2\times K - 1 + \sqrt{(1 - 2\times K)^2 - 1}\right) & (2.1.12) \end{cases}.$$

Выясним справедливость каждого из них. Очевидно, (2.1.12) может выполняться для системы центральных мест лишь при выполнении как минимум следующего условия:

$$2\times K - 1 + \sqrt{(1 - 2\times K)^2 - 1} \leq 1 \qquad (2.1.13)$$

В противном случае оказывается, что $p_{n+1} > P_n\times c$ (где $c > 1$), то есть численность населения центрального места уровня *n+1* превышает как минимум суммарную численность населения вышележащего уровня n, что невозможно. После некоторых преобразований получаем следующее неравенство, равносильное исходному (2.1.13):

$$\sqrt{(1-2\times K)^2-1} \le 2\times(1-K).$$

Последнее, очевидно, не выполняется никогда, поскольку для любого $K>1$ положительная левая часть неравенства оказывается меньше отрицательной правой. Таким образом, значения p_{n+1}, удовлетворяющие (2.1.12), не обеспечивают выполнения (2.1.10). В этом случае постулат о постоянстве значений k для всех уровней иерархии может оказаться справедливым лишь при выполнении (2.1.11). Из (2.1.3) очевидно, что $P_n = p_n/k$. Подставляя соответствующее значение P_n в (2.1.11), получаем:

$$p_{n+1} \le \frac{p_n}{k}\times\left(2\times K-1-\sqrt{(1-2\times K)^2-1}\right). \qquad (2.1.14)$$

После некоторых преобразований (2.1.14) сводится к виду:

$$k\times\frac{p_{n+1}}{p_n} \le 2\times K-1-\sqrt{(1-2\times K)^2-1}\,. \qquad (2.1.15)$$

Напомним, что в указанных выше расчетах мы принимали постулат о постоянстве значения k как истинный. В этом случае справедливо уравнение Бекманна-Парра. Подставляя из (2.1.6) соответствующее значение отношения p_n/p_{n+1} в (2.1.15), мы приходим к следующему неравенству:

$$k\times\frac{1-k}{K-k} \le 2\times K-1-\sqrt{(1-2\times K)^2-1} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{k-k^2}{K-k} \le 2\times K-1-\sqrt{(2\times K-1)^2-1}\,. \qquad (2.1.16)$$

Для удобства выяснения справедливости (2.1.16) введем обозначение $2\times K-1=t$. Таким образом, (2.1.16) примет вид:

$$k-k^2 \le \left(\frac{t+1}{2}-k\right)\times\left(t-\sqrt{t^2-1}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow k-k^2 \le \left(\frac{t+1}{2}\right)\times\left(t-\sqrt{t^2-1}\right)-k\times\left(t-\sqrt{t^2-1}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow k^2+k\times\left(\sqrt{t^2-1}-(t+1)\right)+\left(\frac{t+1}{2}\right)\times\left(t-\sqrt{t^2-1}\right) \ge 0\,. \qquad (2.1.17)$$

Чтобы выяснить, при каких значениях k выполняется (2.1.17), введем обозначение: $D_1 = \left(\sqrt{t^2-1} - (t+1)\right)^2 - 4\times\left(\frac{t+1}{2}\right)\times\left(t-\sqrt{t^2-1}\right)$.

Произведя некоторые преобразования, получаем: $D_1 = t^2 - 1 + t^2 + 2\times t + 1 - 2\times t\times(t+1) = 0$. Учитывая это обстоятельство, а также то, что коэффициент при k^2 в (2.1.17) равен 1, имеем справедливость (2.1.17) при $k \in (-\infty;\ +\infty)$.

Таким образом, нам удалось установить, арифметическую справедливость (2.1.16), а следовательно (2.1.11), и, в конечном счете, (2.1.6). Учитывая фактические значения содержащихся в указанных уравнениях параметров, имеем справедливость «константной теоремы» ТЦМ о постоянстве доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны для всех уровней кристаллеровской иерархии при любом значении k, принадлежащем интервалу (0; 1).

Иными словами, *нам удалось доказать, что уравнение Бекманна-Парра есть непосредственное следствие аксиом ТЦМ*, то есть что (2.1.6) всегда непосредственно вытекает из (2.1.5). Однако далее возникает вопрос – пожалуй, не менее важный, чем заявленный в названии параграфа: может ли сам параметр k принимать все значения из указанного выше интервала, то есть столь ли протяжен последний – от 0 до 1, исключая концы – в ТЦМ?

Для ответа на него выясним, при каких значениях k (2.1.17) превращается из квадратного неравенства в уравнение. Единственный корень последнего, учитывая, что $D_1 = 0$, равен $\frac{t+1-\sqrt{t^2-1}}{2}$. Переходя от t к исходным обозначениям и проводя некоторые преобразования, получаем, что

$$k = K - \sqrt{K^2 - K}\ . \qquad (2.1.18)$$

Именно при этом значении k (2.1.17) обращается в 0, в то время как при всех иных – как было показано выше – представляет собой верное неравенство.

Однако важно другое: именно при этом значении k в равенство обращается (2.1.11), то есть p_{n+1} *принимает максимальное значение*. Несколько преобразуем (2.1.11), приведя его к виду:

$$P_n \geq \frac{p_{n+1}}{2\times K - 1 - \sqrt{(1 - 2\times K)^2 - 1}}.$$

Очевидно, что при том же (2.1.18) P_n, *наоборот, минимальна*. Учитывая доказанное нами выше постоянство параметра k для всех уровней кристаллеровской иерархии, получаем, что в случае (2.1.18) минимальные и максимальные значения характерны для каждого из элементов соответствующих множеств $\{P_1, P_2, P_3, \ldots\}$ и $\{p_1, p_2, p_3, \ldots\}$. Зная, что каждому элементу первого из них соответствует элемент с таким же порядковым номером из второго, а также учитывая (2.1.3), получаем, что *в ТЦМ k достигает максимума* при максимуме же p_n и минимуме P_n, то есть *в значении* $K - \sqrt{K^2 - K}$.

Вплоть до настоящего времени среди специалистов по ТЦМ преобладает точка зрения на множество значений параметра k как «образованное» интервалом (0; 1). Так, к примеру, Дж. Парр описывает зависимость фактора пропорциональности (правая часть уравнения (2.1.6)) от k следующим образом – Рисунок 2.1.1, левый график. Как показало наше исследование, на самом деле график обрывается при максимальном значении k. Из этого непосредственно следует, что в системах ЦМ с $K = 3$; 4 или 7 центральное место первого уровня иерархии может быть больше по численности населения следующего за ним и принадлежащего второму уровню иерархии[31] максимум (округленно) в 5,4; 7,4 или 13,4 раза соответственно.

Если иметь в виду классическую ТЦМ, то установленное *максимальное значение* k в численном выражении практически не зависит (то есть *является нестрогим инвариантом*, когда «…изменение соответствующей величины не превышает допуска на ее номинальное значение» [Богданов, Богданов, 2013, с. 22]) от изменения значения K. Так, в процессе выявленной А.А. Важениным «… эволюции систем центральных мест в направлении … к модификации $K = 7$ по мере роста уровня урбанизации»[32] [Важенин, 2010, с. 196] k_{max} принимает

[31] Данное соотношение, как следует из уравнения Бекманна-Парра, справедливо для центральных мест двух любых смежных уровней иерархии.

[32] О справедливости данной закономерности подробно будет сказано ниже.

значения – округленно – от 0,551 при $K = 3$ до 0,519 при $K = 7$, то есть коридор колебаний значений составляет менее 1/30 долей единицы (1/15 долей единицы, если предполагать [Важенин, 2006] существование систем центральных мест с $K = 2$).

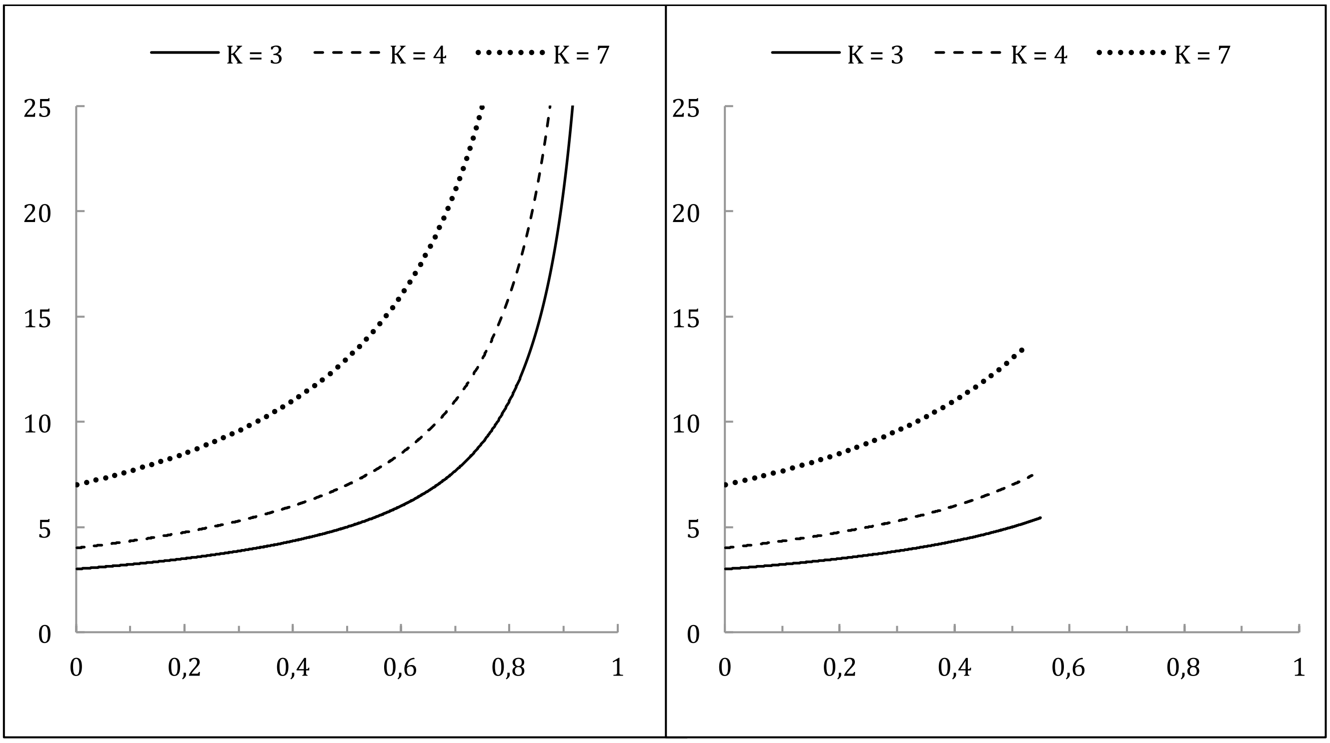


Рисунок 2.1.1 – Зависимость фактора пропорциональности (ось ординат) от *k* (ось абсцисс): по Дж. Парру (левый график) и установленная в рамках нашего исследования.
Источники: [Parr, 1969; собственные расчеты автора].

Достаточно интересно то, что с ростом числа центральных мест уровня *n+1*, подчиненных одному центральному месту уровня *n*, доля последнего в населении обслуживаемой им зоны снижается. Даже *при гипотетически неограниченном количестве центральных мест на уровне n+1 численность населения центрального места уровня n никогда не превысит 50% численности населения его зоны*[33]. В этой связи по настоящему пророческими можно считать

[33] В этом легко убедиться, найдя предел (2.1.18) при устремлении K к бесконечности – здесь мы не приводим соответствующих расчетов вследствие их громоздкости.

слова В.А. Шупера о том, что «системы расселения, для которых $k > 0{,}5$, встречаются весьма редко» [Шупер, 1995a, с. 76].

Подчеркнем, что полученное нами доказательство и выявленный нестрогий инвариант справедливы именно для классической (кристаллеровской) ТЦМ с «фиксированными K-оценками» [Хаггет, 1979, с. 420] и *при этом* равными для всего бесконечного числа уровней иерархии значениями k. Крайне важно установить, может ли оставаться постоянным параметр k для уровней в гибридных – то есть с непостоянным значением K – системах центральных мест.

Возьмем для рассмотрения те же два смежных уровня n и $n+1$ и представим, что параметр k остается постоянным для обоих уровней. Далее вернемся к уравнениям (2.1.6) – (2.1.18) и убедимся, что все они точно выполняются, при этом параметр K будет иметь нижний индекс $n+1$. Затем возьмем уровни $n+1$ и $n+2$: с K_{n+2} имеет место аналогичная ситуация. И так далее. *Таким образом, принятое в качестве верного изначальное предположение о постоянстве* k *выполняется при любых* K_x *(одинаковых или разных для любых уровней иерархии)* и приводит к не противоречащим друг другу заключениям, а, значит, и само его выдвижение правомерно. Подчеркнем, однако, что в данном случае актуальной остается вынужденная необходимость сохранения постоянства значения K внутри каждого уровня иерархии. Собственно, именно это постоянство фактически предстает основой всей ТЦМ, поскольку в общем случае постоянство значений K для разных уровней иерархии, характерное для классического (кристаллеровского) варианта теории, на самом деле не является необходимым ее условием.

Весьма интересен вопрос о существовании реальных систем ЦМ, для которых значение k превышает «положенный» ему максимум. Используя сводные статистические данные ([Brinkhoff] и др.), попытаемся выявить страны (в рамках которых формируется единая система ЦМ[34]) с подобными параметрами. Учитывая характерные размеры систем ЦМ – 10^4–10^5 км^2 [Шупер, 2014b] (и даже

[34] Внутристрановые системы ЦМ, число которых превышает 1, в данном случае не рассматривались.

10^6 км^2 [Шупер, 2016]), таковых потенциально насчитывается 160 (из 197) – от Ливана до Канады включительно. Инвариант в виде k_{max} сохраняет свою актуальность почти для всех из них – несколько неожиданное обстоятельство, учитывая обвинения критиков ТЦМ в абстрактности построений. Из общего правила в настоящее время есть лишь одно исключение, однако именно его существование открывает новые направления изучения в рамках ТЦМ и порождает вопросы, на которые исследователями не были получены прямые или косвенные ответы.

Этим исключением является Джибути: численность населения страны на конец 2020 г. составляет 1 млн человек [World Population Review], площадь территории – 23,2 тыс. км^2. Очевидно, эти параметры вполне удовлетворяют тому, чтобы в ее границах могла сформироваться собственная система центральных мест. В то же время значение k для этой системы аномально велико – 0,629 долей единицы, что на 0,043 долей единицы превышает значение k_{max} даже для наиболее простой в структурном отношении системы ЦМ с $K = 2$ (не говоря уже о более «структурированных» системах). Что послужило причиной столь высокой перенаселенности столицы Джибути на фоне всей страны в целом? Административные сдвиги городской черты вряд ли могут служить адекватным объяснением, поскольку во многих других странах мира схожие действия не привели ни к чему подобному. В то же время порт Джибути – главный для морской торговли Эфиопии, в связи с чем значительная часть населения города занята именно в сфере портовой работы; это приводит к предположению о том, что система расселения Джибути может вынужденно оказаться не самостоятельной (хотя вполне могла бы быть таковой, учитывая ее исходные параметры), а лишь частью таковой для Эфиопии.

В то же время сам по себе этот исключительный случай вряд ли мог бы вызвать столь пристальное внимание, если бы мы – ради любопытства – не взялись определить другие параметры системы ЦМ. Представим, что искажения системы ЦМ Джибути со «стороны» Эфиопии минимальны, то есть что все-таки существует самостоятельная система ЦМ Джибути с *идеальным* $K = 2$

($k_{max} = 0,586$; а все «сверх» этого обусловлено влиянием крупной системы ЦМ Эфиопии). В таком случае на 2-м уровне иерархии в Джибути существует одно ЦМ; реальное отношение численности столицы к численности ЦМ 2-го уровня составляет 15,568 раза. Используя уравнение Бекманна-Парра (2.1.6), находим *расчетное* значение K, равное 6,405. И здесь возникает два вопроса-обстоятельства: 1) почему для системы ЦМ идеальное и расчетное значения K столь сильно различаются и 2) как интерпретировать дробное расчетное значение K, определяемого ТЦМ как число центральных мест уровня $n+1$, обслуживаемых одним центральным местом уровня n, увеличенное на единицу.

2.2. Последовательность эволюции систем центральных мест в рамках континуума расселения[35]

Разумеется, эволюционные процессы в системах расселения интересовали специалистов по ТЦМ, начиная со времени ее появления [Christaller, 1933]. Классических экономгеографов в большей степени занимает иерархическая составляющая «принципа дополнительности» в отношении эволюции систем ЦМ. В то же время первые работы, посвященные этой проблеме, появились лишь в 1990-е годы благодаря экономистам. Причем были выполнены они в русле «новой экономической географии»: не удивительно при этом, что именно составляющая центральных функций была основной. Так, в [Fujita, Krugman, Mori, 1999] представлена схема эволюции участка сети ЦМ: она достаточна сложна, однако характерной чертой является то, что после ЦМ 1-го уровня возникает ЦМ не 2-го, а 3-го уровня. Это не удивительно, поскольку, с одной стороны, ЦМ 2-го уровня обслуживает б*о*льшую территорию, а, с другой, расположено слишком далеко (дальше ЦМ любых других уровней решетки) от уже существующего ЦМ 1-го уровня. Две разнонаправленные тенденции по размещению нового ЦМ – быть ближе (для минимизации транспортных издержек) и быть дальше (для

[35] Содержание этого параграфа в значительной степени опирается на результаты, полученные в [Дмитриев, 2021c].

формирования своего собственного «рынка») по отношению к уже существующему – приводят к появлению ЦМ, расположенного в определенной степени посредине между двумя крайними вариантами.

В классической (кристаллеровской) ТЦМ численность населения зоны уровня n характеризуется уравнением (2.1.4):

$$P_n = p_n + K \times P_{n+1} - p_{n+1}. \tag{2.2.1}$$

Возьмем для дальнейшего рассмотрения все иерархичные поселения с номерами от 1-го до некоего n-го (нумерация уровней производится сверху) и выпишем систему уравнений (2.2.2), описывающих численность населения каждой зоны соответствующего уровня, за исключением первой и последней.

$$\begin{cases} P_2 = p_2 + K \times P_3 - p_3 \\ P_3 = p_3 + K \times P_4 - p_4 \\ \dots \\ P_{n-1} = p_{n-1} + K \times P_n - p_n \end{cases} \tag{2.2.2}$$

Вставим последовательно все уравнения системы (2.2.2), начиная с верхнего, в уравнение (2.2.1). Произведя некоторые преобразования, получим уравнение (2.2.3), отражающее численность населения всей системы:

$$P_1 = \left[p_1 + (K-1) \times \sum_{i=2}^{n-1} \left(p_i \times K^{i-2}\right)\right] + K^{n-1} \times P_n - K^{n-2} \times p_n \tag{2.2.3}$$

При этом сумма слагаемых в квадратных скобках представляет собой численность населения зон всех уровней иерархии с 1-го до (n–1)-го. Два последних слагаемых вне скобок образуют численность населения зон уровня n (последнего, взятого нами для рассмотрения) и всех нижележащих иерархических уровней. «Очистим» последние от уровня n. Тогда (2.2.3) примет вид (2.2.4):

$$P_1 = \left[p_1 + (K-1) \times \sum_{i=2}^{n} \left(p_i \times K^{i-2}\right)\right] + K^{n-1} \times P_n - K^{n-2} \times p_n \\ - (K-1) \times K^{n-2} \times p_n, \tag{2.2.4}$$

где сумма слагаемых в квадратных скобках представляет собой численность населения зон всех рассматриваемых уровней с 1-го до n-го, а далее (вне квадратных скобок) – численность населения зон всех нижележащих уровней.

Произведя преобразования внескобочного участка правой части (2.2.4), получаем, что суммарная численность населения всех зон уровней иерархии ниже *n* равна $K^{n-1}\times(P_n - p_n)$. Тогда, используя уравнение Бекманна-Парра (2.1.6) и произведя некоторые преобразования, находим, что доля всех ЦМ уровней иерархии ниже *n*-го в численности населении всей рассматриваемой системы расселения (ν) выражается уравнением (2.2.5):

$$\nu = \frac{K^{n-1}\times(P_n - p_n)}{P_1} = \frac{K^{n-1}\times(P_n - k\times P_n)}{P_1} =$$
$$= \frac{K^{n-1}\times P_1\times(1-k)\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^{n-1}}{P_1} = (1-k)\times\left(\frac{K\times(1-k)}{K-k}\right)^{n-1} \tag{2.2.5}$$

Тогда суммарная доля всех ЦМ с 1-го до *n*-го в населении всей рассматриваемой системы расселения выражается уравнением (2.2.6):

$$\varphi = 1 - \nu = 1 - (1-k)\times\left(\frac{K\times(1-k)}{K-k}\right)^{n-1} \tag{2.2.6}$$

Учитывая существование нестрогого инварианта *k* в виде его максимального значения, для любого *n* и при одном и том же значении *K*, равно как и для любого *K* при одном и том же значении *n* график зависимости доли центральных мест всех уровней с 1-го до *n*-го в населении системы расселения (*φ*) от доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны (*k*) носит характер непрерывной монотонно возрастающей функции, определенной на всем интервале значений *k*. Иными словами, *доля численности населения центральных мест всех уровней с 1-го до n-го в населении всей системы расселения может быть любой – фактически от 0 до максимума при максимуме же k*.

Среди всего многообразия случаев того, что мы считаем ЦМ уровней с 1-го до *n*-го, есть один очень важный – когда в качестве них мы будем рассматривать все городские населенные пункты. В этом случае, очевидно, *φ* представляет собой долю городского населения. В работах А.А. Важенина была установлена зависимость типа кристаллеровской иерархии от уровня урбанизации. На ограниченном эмпирическом материале им было установлено, что система ЦМ эволюционирует по следующей схеме (Таблица 2.2.1):

Таблица 2.2.1 – Схема эволюции системы центральных мест в зависимости от доли городского населения

Условные характеристики системы	$K = 2$	$K = 3$	$K = 4$	$K = 5$	$K = 6$
Доля городского населения, %	10	30	50	70	90

Составлено автором по: [Важенин, 2006].

Учитывая приведенные выше доказательства, мы можем сказать, что выявленная А.А. Важениным закономерность – лишь частный случай из всего фактически неограниченного их числа. Таким образом, на самом деле *не существует выраженной зависимости между эволюцией системы ЦМ от* $K = 2$ *к* $K = 7$ *и изменением уровня урбанизации.*

Учитывая, что обозначение φ как доли городского населения, и что если мы говорим о фактической иерархии всех уровней в системе ЦМ (без или с разделением на городское и сельское или любое другое население), то без какого-либо ущерба для самой теории ТЦМ одна из ее аксиом может быть изменена и сформулирована следующим образом: *«пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения городского и сельского населения»*. В этом смысле, несмотря на высказанные ранее замечания коллег [Parr, Denike, 1970], можно утверждать, что существование систем ЦМ со 100%-м уровнем урбанизации ни в коей мере не противоречит самой теории в ее классическом варианте (подробнее см. параграф 2.3).

В то же время уравнение, позволяющее определить долю ЦМ рассматриваемых уровней во всей системе, может дать нам гораздо больше. Речь здесь идет о такой важной и, пожалуй, – по словам критиков ТЦМ – наиболее уязвимой ее стороне, как динамизм (вернее, его отсутствие) [Preston, 1983]. Действительно, не ясно, как происходит появление новых ЦМ в системе (можно даже назвать этот процесс эволюцией) – то есть, в конечном счете, как происходит появление новых уровней иерархии (показатель n) и как эти уровни заполняются (показатель K). При фиксировании одного из этих параметров проблем не возникает, однако на самом деле K и n могут меняться – по крайней мере судя по виду уравнения (2.2.6) – почти независимо друг от друга. Но это – лишь на первый взгляд: на самом деле ход процесса эволюции систем расселения в аспекте классической ТЦМ достаточно строг. На доказательстве этого утверждения мы бы и хотели остановиться ниже.

Вероятно, для систем расселения в рамках ТЦМ действительно в процессе эволюции характерно (по крайней мере до некоторого момента) увеличение доли городского населения [Эм, 2013a]. Важно, чтобы оно носило по возможности наиболее монотонный характер, то есть – в конечном итоге – чтобы график функции φ не имел разрывов первого и второго рода. Это означает, что в каждой точке – по крайней мере на интервале от 0 до 1 – мы можем найти его производную. Причем фактически это будут частные производные, поскольку функция эта – трех переменных (k, K, n). Формально мы можем зафиксировать одну или даже две из них и посмотреть, что происходит с функцией дальше, но тогда мы уйдем от главной задачи – выяснить, какова же картина при трех нефиксированных переменных. Действительно, фиксировать K и n мы не имеем права, а вот с k дело обстоит не так однозначно. Построим графики функции $\varphi = 1 - (1-k)\times\left(\frac{K\times(1-k)}{K-k}\right)^{n-1}$ при почти полярных значениях k, равных 0,1 и 0,5 – за эти пределы функция выходит редко (Рисунок 2.2.1). На первый взгляд, один из них не похож на другой, но не такие они и разные: в этом можно убедиться, если найти производную по направлению каждой из функций.

Однако перед тем, как сделать это, посмотрим на изменение числа ЦМ при изменении n и K в системе расселения. Учитывая, что нас интересует как можно более монотонное возрастание φ, то при нахождении в том или ином прямоугольнике (Таблица 2.2.2; на заливку ячеек пока не обращаем внимания) движение возможно либо по горизонтали, либо по вертикали. Более того, длина его не превышает одного шага вправо или вниз. В противном случае φ будет расти не самыми медленными темпами или вообще убывать.

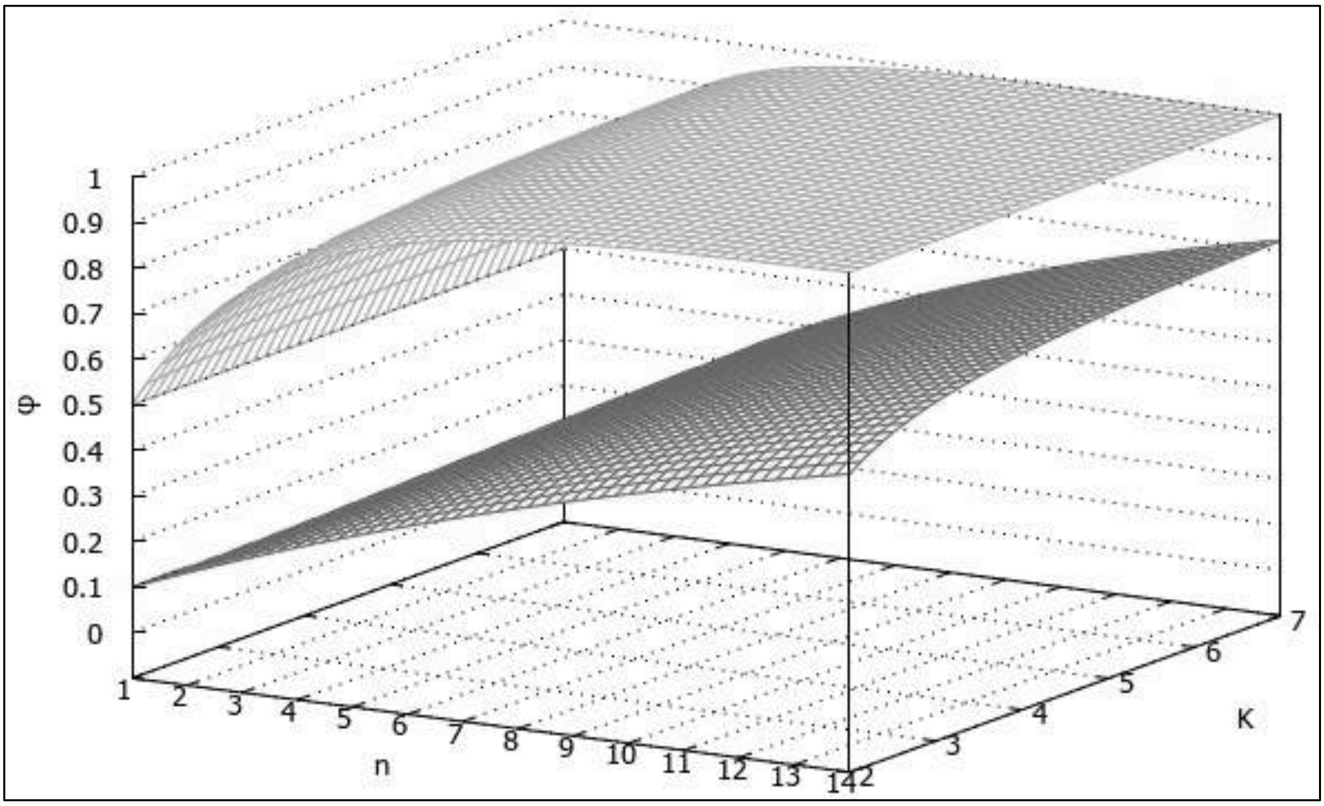


Рисунок 2.2.1 – Зависимость доли населения ЦМ всех уровней с 1-го до 14-го в населении системы ЦМ (φ) от числа уровней иерархии (n) и значения показателя K для идеальной кристаллеровской решетки при доле центрального места в населении обслуживаемой им зоны (k), равной 0,1 (нижний график) и 0,5 (верхний график)

Рассчитано и составлено (с использованием [Graficus.ru]) автором.

Представим, что система эволюционирует с самого начала и однонаправленно, то есть движется от прямоугольника с координатами n и K соответственно (1; 1) к прямоугольнику (2; 2). Дальнейший путь не так очевиден, поскольку минимальное изменение системы ЦМ заключается в «переходе» в прямоугольник с координатами, одна из которых увеличивается на единицу по сравнению с (2; 2) – в (2; 3) или в (3; 2). Посмотрим, какой из них более предпочтителен. Для этого, используя уравнение (2.2.7), найдем значения производной функции φ в точке (2; 2) по направлению (l_n; l_K) при $k = 0{,}1$ и $k = 0{,}5$:

Таблица 2.2.2 – Последовательность однонаправленной положительной эволюции системы ЦМ в идеальной кристаллеровской решетке в зависимости от числа уровней иерархии (n) и механизма их соподчиненности (K)

n\\K	1	2	3	4	5	6	7
1	$1p_1$	–	–	–	–	–	–
2	–	$1p_1 1p_2$	$1p_1 2p_2$	$1p_1 3p_2$	$1p_1 4p_2$	$1p_1 5p_2$	$1p_1 6p_2$
3	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$
4	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$
5	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$
6	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$
7	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$ $32p_7$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$ $486p_7$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$ $3072p_7$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$ $12500p_7$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$ $38880p_7$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$ $100842p_7$

Примечание: например, значение $8p_5$ свидетельствует о наличии восьми центральных мест на пятом уровне иерархии.

Составлено автором.

$$\frac{\partial\varphi}{\partial l} = \frac{\partial\varphi}{\partial n}\cos\alpha + \frac{\partial\varphi}{\partial K}\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \qquad (2.2.7)$$

где $\cos\alpha = \frac{l_n}{|\bar{l}|}$; $\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \frac{l_K}{|\bar{l}|}$ – направляющие косинусы;

$|\bar{l}| = \sqrt{l_n^2 + l_K^2}$.

Она представляет собой скорость изменения функции в заданном направлении. Она максимальна для точки (3; 2), однако в случае ее выбора в качестве следующего шага развития системы расселения будет наблюдаться больший рост φ, чем в случае точки (2; 3). Нас же интересует наименьшее приращение функции, поэтому далее на каждом шаге мы будем ориентироваться именно на наименьшее из полученных значений.

В дальнейшем весь алгоритм был пошагово повторен для каждого прямоугольника таблицы, причем для контроля брались также примыкающие по диагонали прямоугольники. Оказалось, что вне зависимости от значения k (брались и другие значения, отличные от 0,1 и 0,5), направление и длина шага от текущей ячейки – одни и те же. Таким образом, характер эволюции системы расселения в аспекте теории ЦМ зависит только от числа уровней иерархии в ней и их соподчиненности. Результат проиллюстрирован заливкой ячеек в Таблице 2.2.2.

Первый шаг (темная однотонная заливка вокруг значения в ячейке) – формирование одного ЦМ *1*-го уровня. Затем появляется еще одно ЦМ – ячейка с координатами (2; 2). А далее эволюция системы расселения идет прежде всего по строкам, то есть основная тенденция – заполнение текущего уровня иерархии, прежде чем произойдет переход к следующему. Однако здесь есть два исключения: 1) после заполнения второго уровня иерархии появление двух первых ЦМ 3-го уровня (ячейка (3; 2)) приводит не к его дальнейшему заполнению, а к формированию подсистемы расселения между одним ЦМ 1-го уровня и одним ЦМ 2-го уровня (движение вниз по столбцу для *K* = *2*). После этого последовательно заполняются третий, четвертый и пятый уровни. Затем этого процесс снова прерывается в ячейке (6; 3) формированием подсистемы расселения (столбец для *K* = *3*), чтобы затем снова вернуться к заполнению уровней иерархии по строкам. Таким образом, эволюция системы расселения в рамках участка решетки Кристаллера от первого ЦМ до числа уровней, например, равного 5, и *K* = 3, происходит следующим образом – Рисунок 2.2.2.

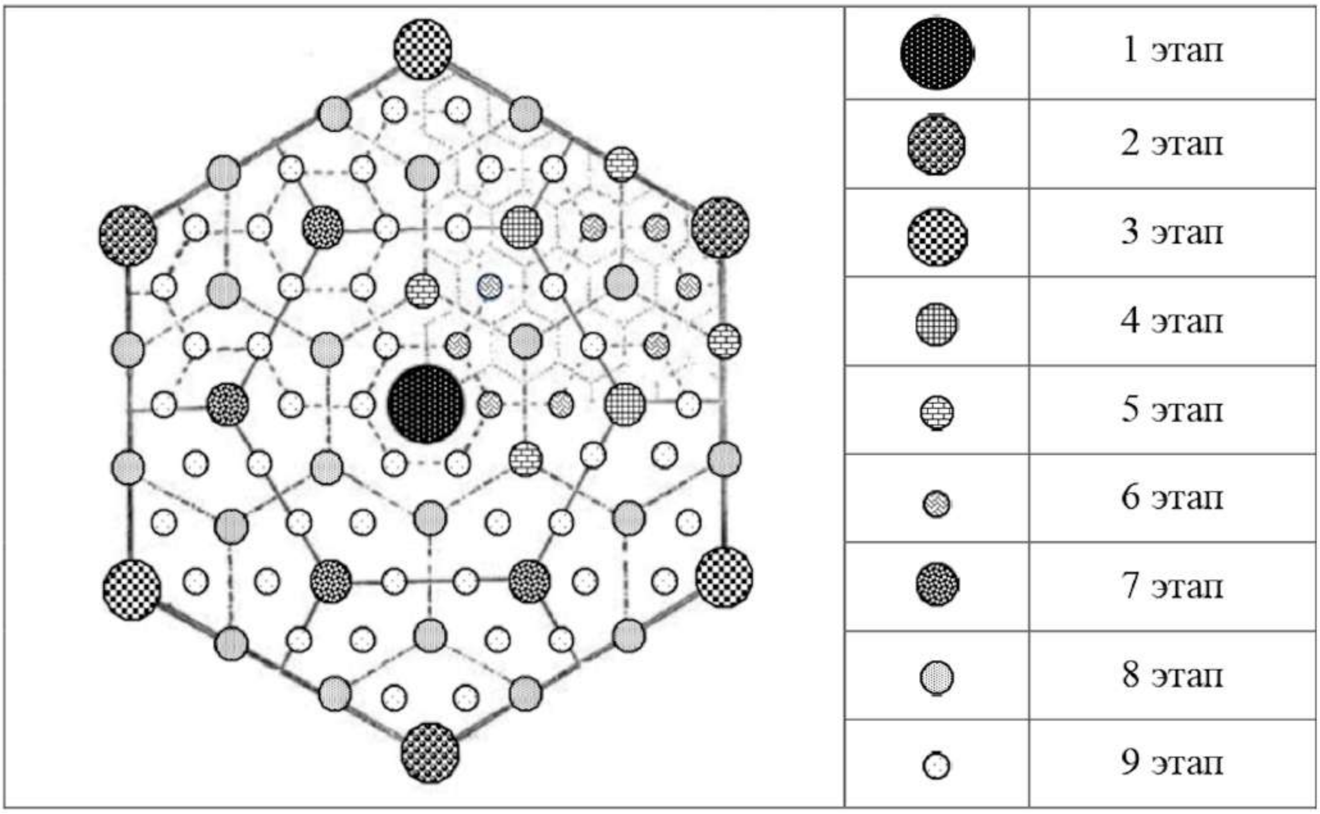


Рисунок 2.2.2 – Схема эволюции системы расселения в рамках одной зоны кристаллеровской решетки
Рассчитано и составлено автором.

В классической ТЦМ *K* интерпретируется и как число ЦМ следующего уровня иерархии, обслуживаемое одним центральным местом данного уровня (плюс оно само), и как отношение квадратов расстояния между ЦМ одного уровня иерархии (например, третьего) и расстояния между ЦМ смежных уровней (например, третьего и четвертого). Во втором случае важно то, как мы считаем эти расстояния – на плоскости (как Кристаллер) или же используем другие координатные системы (например, сферическую). Подобные нововведения предлагались некоторыми специалистами, в том числе и нами [Дмитриев, 2019b]. Более того, если мы переходим к объемным моделям систем ЦМ, то шестиугольниками замостить сферу уже не получится – нужно будет вводить определенное число пятиугольников. Это может существенно усложнить расчеты и привести к совсем иным результатам относительно эволюции систем ЦМ. В то же время, уравнение производной по направлению носит инвариантный характер, то есть его вид справедлив для любых систем отсчета. Если говорить проще, то не имеет значения, представляют ли собой n и K обычные переменные или же сами, в свою очередь, являются функциями. Таким образом, процесс эволюции систем расселения происходит одинаково в любой системе координат; трансформация ТЦМ от декартовой системы к любой другой в этом отношении не требуется.

Далее попытаемся выяснить последовательность разрушения системы расселения – какие шаги она проходит при этом. Проведем те же расчеты, что и выше, но в качестве отправной точки возьмем состояние системы при $K = 7$ для семи уровней иерархии. Как показывает Таблица 2.2.3, в отличие от положительной эволюции, отрицательная протекает прежде всего по столбцам (снизу). Происходит уменьшение числа ЦМ на каждом уровне иерархии при сохранении количества последних до того момента, когда решетка будет характеризоваться параметрами $n = 7$ и $K = 3$. По достижении этого состояния отрицательная эволюция идет по строкам: сначала полностью исчезает 7-й уровень иерархии, затем – 6-й, после этого – 5-й. Заключительный этап отрицательной эволюции происходит снова по столбцам: сначала система переходит к состоянию, характеризующемуся $K = 2$, после – к $K = 1$.

2.3. Последовательность эволюции изолированных (самостоятельных) систем центральных мест

Что же есть k само по себе? На первый взгляд, ответ очевиден: этот параметр представляет собой частное от деления численности населения центрального места на численность населения обслуживаемой им зоны. В то же время какую численность населения брать для рассмотрения, если решетка бесконечна?

Таблица 2.2.3 – Последовательность однонаправленной отрицательной эволюции системы ЦМ в идеальной кристаллеровской решетке в зависимости от числа уровней иерархии (n) и механизма их соподчиненности (K)

n**K	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	$1p_1$	–	–	–	–	–	–
2	–	$1p_1 1p_2$	$1p_1 2p_2$	$1p_1 3p_2$	$1p_1 4p_2$	$1p_1 5p_2$	$1p_1 6p_2$
3	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$
4	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$
5	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$
6	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$
7	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$ $32p_7$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$ $486p_7$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$ $3072p_7$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$ $12500p_7$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$ $38880p_7$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$ $100842p_7$

Примечание: например, значение $8p_5$ свидетельствует о наличии восьми центральных мест на пятом уровне иерархии.

Составлено автором.

В классическом (кристаллеровском) варианте теории число центральных мест на любом уровне иерархии под номером $n > 1$ равно $(K-1)\times K^{n-2}$. Представим, что численность населения некоего «участка» решетки равна (вернее, для бесконечной решетки – стремится к, если последовательность сходится) некоему P_a и выразим ее через численность населения только лишь входящих в него центральных мест. Начнем с некоего уровня a:

$$P_a = p_a + (K-1)\times K^0 \times p_{a+1} + (K-1)\times K^1 \times p_{a+2} + \cdots + (K-1)\times K^{n-2}\times p_n + \cdots \tag{2.3.1}$$

Применяя уравнение Бекманна-Парра (2.1.6), выразим в (2.3.1) численность населения каждого центрального места через p_a:

$$\begin{aligned} P_a &= p_a + (K-1)\times K^0\times p_a\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^1 + (K-1)\times K^1\times p_a\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^2 + \cdots \\ &\quad + (K-1)\times K^{n-2}\times p_a\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^{n-1} + \cdots = \\ &= p_a + (K-1)\times p_a\times \\ &\quad \times\left[\frac{1-k}{K-k} + K\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^2 + \cdots + K^{n-2}\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^{n-1} + \cdots\right] \end{aligned} \tag{2.3.2}$$

Очевидно, выражение в квадратных скобках представляет собой сумму членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии со знаменателем $0 < K\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right) < 1$. Тогда (2.3.2) может быть приведено к виду:

$$P_a = p_a + (K-1)\times p_a\times\left[\frac{1-k}{k\times(K-1)}\right] = p_a\times\left[1+\frac{1-k}{k}\right] = \frac{p_a}{k} \tag{2.3.3}$$

Само по себе полученное выражение соответствует аксиоматике ТЦМ и не представляет собой чего-то экстраординарного – за исключением того, как оно было выведено. Из последовательности вычислений становится понятно, во-первых, почему сельское население, не будучи размещенным в иерархических поселениях, в определенной степени «вынужденно» расселяется в рамках всего оставшегося пространства классической кристаллеровской решетки – у него просто не остается иного выбора, и его расселение должно иметь равномерный пространственный характер. Во-вторых, если мы хотим перейти к выявлению соответствия реальных систем расселения теоретическим построениям, то, рассматривая определенную часть бесконечной решетки и учитывая невхождение сельского населения в формулы, мы вынужденно приходим к необходимости не только что-то делать с самым последним уровнем иерархии (k для которого не равно таковому для всех вышележащих уровней), но и – что крайне важно! – должны для установления значения k всех уровней (кроме последнего, взятого для рассмотрения) поделить численность населения центрального места первого уровня на численность населения не всего анализируемого участка решетки, а только лишь системы центральных мест, располагающихся в его пределах без учета сельского населения.

Обратим внимание, что все известные нам зарубежные и отечественные работы (к примеру, [Валесян, 1995; Худяев, 2010; Шупер, 1990; Parr, 1969; и др.]) исходят из положения, что «сопоставляя теорию с эмпирической реальностью, мы должны рассматривать системы городского расселения не как закрытые системы, а как фрагменты континуума расселения» [Шупер, 1995а, с. 85]. В его основе лежит аксиома классической ТЦМ о бесконечности пространства. В любом случае, учитывая приведенные выше расчеты, на данном этапе нашей работы мы приходим к выводу, что заключения наших предшественников могли быть не совсем верными: в рамках классической ТЦМ, имеющей дело с бесконечной решеткой, население всего рассматриваемого ее участка (P) включает только население собственно центральных мест без учета сельского населения [Дмитриев, Горохов, 2021].

Последнее, будучи размещенным равномерно – в соответствии с положениями самой ТЦМ – создает «некоторую несамосогласованность теории Кристаллера–Лёша (применительно к размещению городских поселений)»[36], поскольку «территории, расположенные ближе к городу, обычно характеризуются более высокой интенсивностью использования земли, более высокой плотностью

[36] Отметим, что вряд ли можно говорить о существовании единой теории: на наш взгляд, все же это разные теории с разной аксиоматикой, хотя переход от одной к другой в арифметическом отношении осуществляется сравнительно легко [Hudson, 1967].

населения» [Гусейн-Заде, 1988а, с. 40]. Попытаемся преодолеть указанную несамосогласованность: для этого возьмем для рассмотрения изолированную систему центральных мест – островную или замкнутую границами, то есть, в конечном счете, развивающуюся относительно самостоятельно вне общего континуума расселения.

Пусть такая система имеет n уровней иерархии – от первого, представленного одним центральным местом, до уровня под номером n, представленного сельскими населенными пунктами, которые обслуживают только самих себя и не имеют собственных заселенных дополняющих районов (уровни нумеруются сверху). Тогда для одной зоны n-*го* уровня $P_n = p_n$. Используя уравнение (2.1.4), получаем:

$$P_{n-1} = p_{n-1} + K \times P_n - p_n \Leftrightarrow p_{n-1} \times \left(\frac{1-k}{k}\right) = p_n \times (K-1).$$

В этом случае уравнение Бекманна-Парра, связывающее численность населения предпоследнего и последнего уровней иерархии, будет иметь вид:

$$\frac{p_{n-1}}{p_n} = \frac{k \times (K-1)}{1-k}. \tag{2.3.4}$$

Уравнение (2.3.4) было получено в [Архипов, 2002]. Очевидно, k в данном случае равно k для всех остальных уровней иерархии – как это было показано в предыдущем параграфе. Соотношение же численности населения ЦМ 1-го и n-го уровней составляет:

$$\frac{p_1}{p_n} = \frac{k \times (K-1) \times (K-k)^{n-2}}{(1-k)^{n-1}}. \tag{2.3.5}$$

Для n-го уровня $k = 1$, что ни в коей мере не противоречит общим положениям теории – нам нужно будет лишь ввести в них соответствующее пояснение. Теперь попытаемся установить, как же вычислить k для изолированных систем центральных мест – вернемся к уравнению (2.3.1). В этом случае оно сохраняет свой вид для n уровней иерархии, за исключением многоточия в конце, поскольку изолированная система конечна. Учитывая это, а также (2.3.4) и (2.3.5), перепишем (2.3.1):

$$P_1 = p_1 + (K-1)\times K^0\times p_2 + (K-1)\times K^1\times p_3 + \cdots + (K-1)\times K^{n-2}\times p_n =$$

$$= p_1 + (K-1)\times p_1\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right) + (K-1)\times K\times p_1\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^2 + \cdots +$$

$$+(K-1)\times K^{n-2}\times p_1\times\frac{(1-k)^{n-1}}{k\times(K-1)\times(K-k)^{n-2}} = p_1\times\left(1+\frac{K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{k\times(K-k)^{n-2}}\right)+$$

$$+p_1\times(K-1)\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)\times\left[1+K\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)+\cdots+K^{n-3}\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^{n-3}\right].$$

Выражение в квадратных скобках представляет собой сумму членов геометрической прогрессии со знаменателем $0 < K\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right) < 1$. Тогда, продолжая определять P_1, имеем:

$$P_1 = p_1\times(K-1)\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)\times\left[\frac{K^{n-2}\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^{n-2}-1}{K\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)-1}\right]+$$

$$+p_1\times\left(1+\frac{K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{k\times(K-k)^{n-2}}\right) = p_1\times\left(1+\frac{K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{k\times(K-k)^{n-2}}\right)+$$

$$+p_1\times(K-1)\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)\times\left[\frac{K^{n-2}\times(1-k)^{n-2}-(K-k)^{n-2}}{(K-k)^{n-2}}\times\frac{K-k}{-k\times(K-1)}\right]=$$

$$= p_1\times\left(1+\frac{K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{k\times(K-k)^{n-2}}\right)+p_1\times\left[\frac{(K-k)^{n-2}\times(1-k)-K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{k\times(K-k)^{n-2}}\right]$$

$$= p_1\times\left[\frac{1-k+k}{k}\right] = \frac{p_1}{k}$$

Таким образом, для изолированных систем центральных мест P_1 включает в себя численность не только собственно центральных мест, но и *сельского населения. Последнее в этом случае размещено не равномерно, а тяготеет к тому или иному центральному месту в той степени, в какой это центральное место велико по численности своего населения, то есть больше или меньше другого*. Иными словами, во всех работах наших предшественников системы центральных мест на самом деле рассматривались НЕ как часть континуума расселения, а именно как самостоятельные системы. При этом нами обоснована возможность существования таковых в рамках изолированных участков – в пределах государственных границ или к примеру, на островах. Рассмотрение последних было предпринято и ранее [Важенин, 2008], однако не была доказана возможность их существования и, как следствие, не было обосновано их рассмотрение с позиции ТЦМ.

Этот подход, формально не противореча ТЦМ, вычеркивает из ее состава аксиому о рациональном поведении (см. предыдущие параграфы главы 1), поскольку в этом случае не только ЦМ 1-го уровня может извлекать сверхприбыль, но и остальные. Причем этот процесс будет затрагивать всю систему расселения, так как одно ЦМ данного уровня, чтобы компенсировать свои потери в пользу ЦМ предшествующего уровня, будет увеличивать доходы со своих ЦМ более низкого уровня. Поведение же потребителя остается рациональным вынужденно, поскольку никуда из ЦМ своего уровня за получением центральных услуг более высокого ранга он не может поехать, кроме как в одно ЦМ более высокого уровня. Таким образом, в случае рассмотрения систем расселения как систем ЦМ, формирующихся изолированно, аксиома о рациональном поведении потребителя должна быть принята в качестве непротиворечивой[37]. Поскольку возможность изолированности (конечности) систем ЦМ сверху, установленную А.А. Важениным, нам в рамках настоящего исследования удалось дополнить возможностью изолированности (конечности) снизу, в случае рассмотрения систем расселения как систем ЦМ, формирующихся изолированно, аксиома ТЦМ о бесконечности пространства отвергается.

Теперь подойдем к рассмотрению изолированных систем центральных мест с другой стороны и выясним, происходит ли их эволюция по схожему с бесконечной решеткой сценарию (см. предыдущий параграф) или же имеет свои

[37] Иными словами, совершенно не обязательно перестраивать теорию под «иррациональность поведения потребителя» и «…терять геометрическую наглядность», как это утверждается в [Козырева, 2010, с. 42]. Возможно поставить вопрос иначе: экономический ландшафт формируется транспортными издержками, а системы центральных мест – затратами времени. Трудно ожидать, что затраты времени и денег полностью симметричны: транспорт может быть бесплатным, время же – всегда конечный ресурс в силу ограниченности человеческой жизни, «бесплатным» оно быть не может. Этот вопрос требует дальнейшего обсуждения.

особенности. Для этого вернемся к уравнению (2.3.2), переписав его только для городов – без учета сельских поселений последнего уровня n:

$$P_{\text{гор}} = p_1 + (K-1)\times p_1\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)\times$$
$$\times\left[1 + K\times\frac{1-k}{K-k} + K^2\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^2 + \dots + K^{n-3}\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^{n-3}\right] =$$
$$= p_1 + p_1\times(K-1)\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)\times\left[\frac{K^{n-2}\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right)^{n-2} - 1}{K\times\left(\frac{1-k}{K-k}\right) - 1}\right] =$$
$$= p_1 + p_1\times\left[\frac{(K-k)^{n-2}\times(1-k) - K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{k\times(K-k)^{n-2}}\right] =$$
$$= p_1\times\left[\frac{k\times(K-k)^{n-2} + (K-k)^{n-2} - k\times(K-k)^{n-2} - K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{k\times(K-k)^{n-2}}\right] =$$
$$= P_1\times\left[1 - \frac{K^{n-2}\times(1-k)^{n-1}}{(K-k)^{n-2}}\right]$$

Разделив левую и правую части на P_1, получаем:

$$\varphi = 1 - (1-k)\times\left(\frac{K\times(1-k)}{K-k}\right)^{n-2}, \qquad (2.3.6)$$

где φ – доля городского населения в общей численности населения системы.

Полученное для конечной решетки уравнение (2.3.6) отличается от такового для бесконечной решетки (уравнение 2.2.6) лишь показателем степени, уменьшенным на единицу. Это вполне объяснимо: в бесконечной решетке показатель степени равен *n–1*, поскольку мы берем в качестве «стартового» лишь одно место условно первого уровня, ограничивая решетку сверху. Ограничивая решетку и снизу – то есть делая ее окончательно изолированной – мы «убираем» центральные места последнего иерархического уровня: *n* в нашем случае включает и первый уровень, представленный одним центральным местом (вычитаем «1» из *n*), и последний, включающий сельские населенные пункты (вычитаем еще раз «1» из *n*).

Далее проведем ту же последовательность вычислений, что и в предыдущем параграфе – с наименьшим приращением функции φ, и посмотрим, будет ли полученное отличие в показателе степени сказываться на последовательности эволюции системы центральных мест. Как видно из Рисунка 2.3.1, графики соответствующей функции для самостоятельных (изолированных) систем ЦМ практически идентичны таковым для систем, являющихся частью непрерывного континуума.

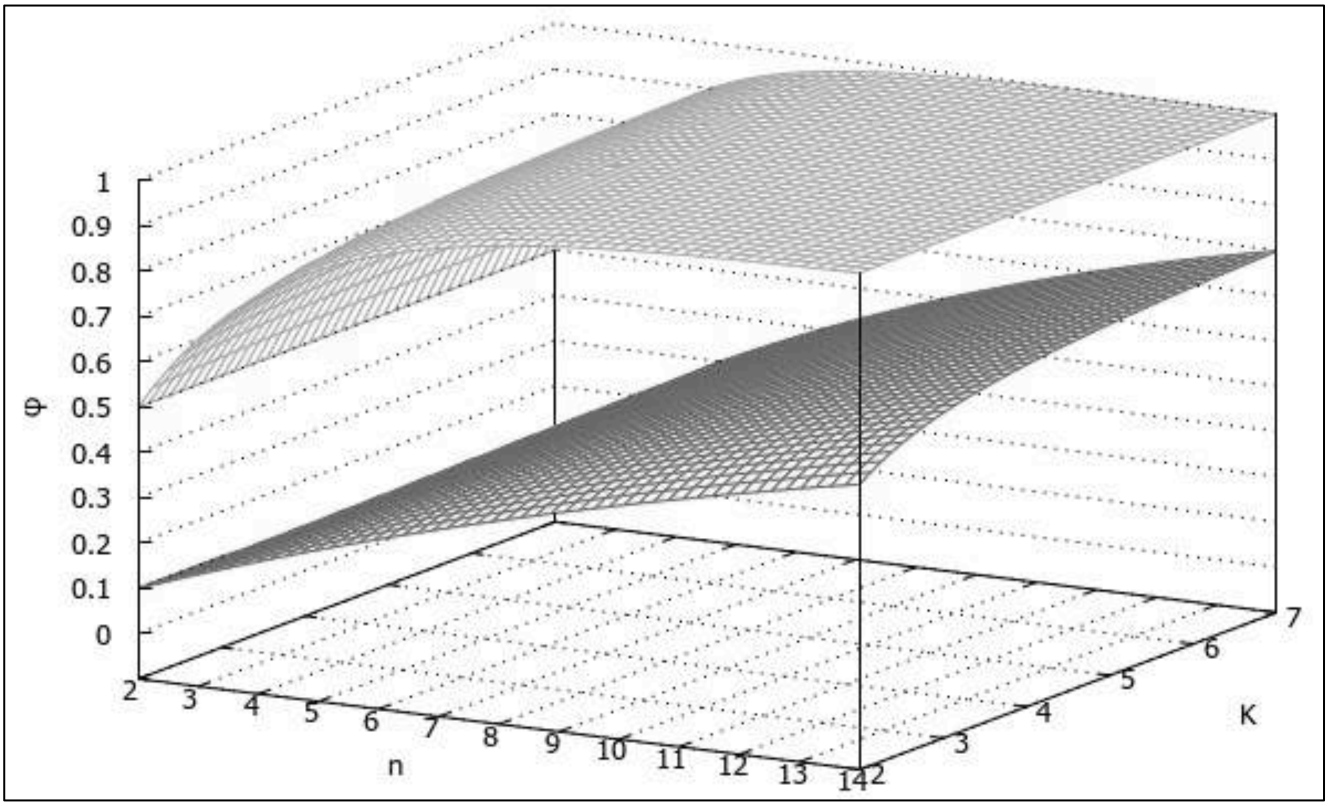


Рисунок 2.3.1 – Зависимость доли населения ЦМ всех уровней с 1-го до (n–1)-го в населении системы ЦМ (φ) от числа уровней иерархии (n) и значения показателя K для изолированной кристаллеровской решетки при доле центрального места в населении обслуживаемой им зоны (k), равной 0,1 (нижний график) и 0,5 (верхний график)

Рассчитано и составлено автором с использованием [Graficus.ru].

В целом, сохраняется и последовательность положительной эволюции систем (Таблица 2.3.1) с одним исключением:

Таблица 2.3.1 – Последовательность однонаправленной положительной эволюции системы ЦМ с 8 уровнями иерархии* в изолированной кристаллеровской решетке в зависимости от числа уровней (*n*) и механизма их соподчиненности (*K*)

n**K	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	$1p_1$	–	–	–	–	–	–
2	–	$1p_1 1p_2$	$1p_1 2p_2$	$1p_1 3p_2$	$1p_1 4p_2$	$1p_1 5p_2$	$1p_1 6p_2$
3	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$
4	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$
5	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$
6	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$
7	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$ $32p_7$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$ $486p_7$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$ $3072p_7$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$ $12500p_7$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$ $38880p_7$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$ $100842p_7$

*С учетом уровня сельских поселений.

Составлено автором.

схема «две строки – столбец – три строки – столбец – две строки» меняется на «две строки – столбец – две строки – столбец – две строки – столбец (– строка»), то есть в пределах 7 первых уровней иерархии для изолированных систем наблюдается несколько б*о*льшая регулярность в схеме появления ЦМ на уровнях иерархии, чем для систем, которые являются частью континуума расселения. Что касается последовательности отрицательной эволюции, то здесь разницы между двумя указанными типами систем ЦМ нет совсем (Таблица 2.3.2). Таким образом, эволюция системы расселения с точки зрения классической ТЦМ происходит преимущественно путем последовательного заполнения уровней иерархии, прерывающегося появлением подсистем расселения. При этом пока мы не можем дать однозначного ответа на вопросы о том, носит ли это прерывание периодический характер или же свойственно только каким-то отдельным шагам в формирования системы расселения, а также почему подсистемы появляются именно в данных точках бифуркации (в контексте процесса самоорганизации расселения) – для этого требуются дополнительные исследования.

Необходимо отметить, что «последовательное заполнение» совершенно *не означает* появления всех шести центральных мест на, например, втором уровне иерархии и лишь последующего заполнения третьего уровня. Заполнение – это и одно, и/или два, и/или три центральных места, с появлением которых процесс на втором уровне иерархии может закончиться и перейти к третьему уровню.

Таким образом, полнота заполнения заключается *не в появлении всех* потенциально возможных центральных мест на данном уровне, *а лишь тех из них*, появление которых возможно при данных параметрах системы центральных мест (в частности, k). Очевидно, что в процессе эволюции реальных систем расселения совершенно не обязательно появление сразу нескольких населенных пунктов, а если даже это и произошло, то не во всех зонах [Горохов, Дмитриев, 2009]. В этом случае, очевидно, мы будем иметь систему с разными значениями K для разных уровней. В то же время такие состояния являются промежуточными – система стремится дозаполнить все уровни иерархии.

Таблица 2.3.2 – Последовательность однонаправленной отрицательной эволюции системы ЦМ с 8 уровнями иерархии* в изолированной кристаллеровской решетке в зависимости от числа уровней (*n*) и механизма их соподчиненности (*K*)

n**K	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	$1p_1$	–	–	–	–	–	–
2	–	$1p_1 1p_2$	$1p_1 2p_2$	$1p_1 3p_2$	$1p_1 4p_2$	$1p_1 5p_2$	$1p_1 6p_2$
3	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$
4	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$
5	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$
6	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$
7	–	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$ $32p_7$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$ $486p_7$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$ $3072p_7$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$ $12500p_7$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$ $38880p_7$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$ $100842p_7$

*С учетом уровня сельских поселений.

Составлено автором.

Вероятно, можно провести параллели между этапами эволюции систем ЦМ по Кристаллеру и типами территориальных структур расселения по Г.М. Лаппо [Лаппо, 1978]. Так, концентрический, полицентрический, частично бассейновый и центральный типы напоминают традиционную решетку. В то же время, вероятно, эволюция может первым своим шагом иметь и формирование подсистемы ЦМ (аналог линейного типа); и начинаться с ЦМ, расположенного на окраине (приморский тип).

***

Для систем ЦМ нами получено строгое доказательство постоянства параметра k (доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны) при любых его значениях. Установлено его максимальное значение в виде нестрогого инварианта, равное $K - \sqrt{K^2 - K}$, которое свидетельствует о том, что в кристаллеровской решетке любого типа (от $K = 2$ до $K = 7$) максимум k принадлежит интервалу (0,5; 0,6).

При рассмотрении с точки зрения теории центральных мест особенностей эволюционного развития систем расселения определено, что, вопреки преобладающей точке зрения, в общем случае не существует выраженной зависимости между долей городского населения и числом центральных мест более низкого уровня иерархии, подчиненных центральному месту данного уровня (то есть параметром K). При этом аксиома теории о неоднородности распределения только лишь городского населения должна быть заменена следующей: «Пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения всего населения или его части». Таким образом, существование систем центральных мест, лишенных сельского населения, не противоречит самой теории в ее классическом варианте, поскольку последний уровень иерархии может быть представлен и не-сельскими населенными пунктами.

В формальный аппарат ТЦМ введена динамика, прежде всего – в виде матриц переходов. Выявлена последовательность положительных эволюционных преобразований систем центральных мест в рамках бесконечной решетки: формирование последних происходит путем последовательного заполнения уровней иерархии (рост значения параметра K для данного уровня), прерывающегося появлением подсистем (увеличение числа уровней иерархии при постоянстве K) – по крайней мере, после заполнения второго и пятого уровней. Отрицательные эволюционные преобразования происходят, наоборот, преимущественно за счет снижения значения параметра K при максимально долгом сохранении числа уровней иерархии. Установлено, что в самостоятельных системах ЦМ, не являющихся частью континуума расселения, эволюционные процессы происходят почти аналогично таковым в рамках участка бесконечной решетки.

Вопрос с порядком временного наступления каждого этапа, то есть временными лагами между этапами достаточно сложен в том отношении, что даже характерное время установить здесь достаточно проблематично. Дело в том, что, в отличие от распределения по Зипфу, образование (или исчезновение) каждого ЦМ определяется изменением людности всех ЦМ закрытой системы с постоянным населением (см. ниже): поэтому нужно определиться, характерное время – относительно (или под влиянием) чего. Одно из возможных предположений: если принять за константу время «перераспределения» одного человека из сельской местности в город (или между ЦМ разных уровней), то чем больше людей перераспределяется в рамках каждого этапа эволюции, тем больше времени для прохождения этого этапа требуется. Однако же для этого определенно требуются дополнительные исследования.

Установлено, что во всех работах наших предшественников системы центральных мест на самом деле рассматривались НЕ как часть континуума расселения, а именно как самостоятельные системы. При этом нами обоснована возможность существования таковых в рамках изолированных участков. В этой связи аксиома теории о рациональном поведении потребителя может считаться избыточной для бесконечной решетки, в то время как для случая изолированных систем он обязателен; постулат о бесконечности пространства отвергается. Лишь две исходных аксиомы – о полиморфизме систем центральных мест и о максимально компактной упаковке их частей – могут считаться незыблемыми. Аксиома об однородности и изотропности пространства принимается только при условии однородности распределения не только городского, но и сельского населения.

ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ ИЕРАРХИИ ПОСЕЛЕНИЙ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДИКА

Применительно к системам ЦМ термин «эволюция», несмотря на его перевод с латинского как «развертывание», используется нами для отражения как собственно развертывания их иерархической (и, особенно, пространственной) структуры, так и их сворачивания. В контексте выявленной выше последовательности эволюции, в данной главе мы рассмотрим вопрос о построении/выявлении иерархии центральных мест. Великое множество используемых для этого признаков позволяет исследователю устанавливать наличие практически любого (ограниченного сверху, пожалуй, лишь количеством самих поселений) количества групп, уровней иерархии и т.п. В рамках теории иерархия ЦМ обычно возникает/строится на основе численности их населения или же объеме выполняемых центральных функций. В русле настоящего исследования нас будет интересовать первая из них. При этом распределение ЦМ по уровням иерархии чаще всего проводится либо на основе собственно ТЦМ, либо же – во взаимосвязи с ней – с помощью правила «ранг–размер». Главный недостаток обоих подходов, не преодоленный исследователями до сих пор – в значительной степени искусственное распределение ЦМ по уровням иерархии, количественные границы между которыми проводятся достаточно произвольно.

Параграф 3.1 призван ответить на следующие вопросы: 1) действительно ли формирование иерархии по Кристаллеру фактически невозможно (вернее, затруднено – в сравнении с формированием распределения по Зипфу) в теории при малых значениях уровня урбанизированности? 2) есть ли разница в «энергетических затратах» при переходе от совокупности фактически независимых (то есть обслуживающих только самих себя и окружающую сельскую местность) поселений к упорядоченной по Зипфу или по Кристаллеру структуре? 3) в чем состоят методологические отличия распределений по Зипфу и по Кристаллеру?

Имея в своем распоряжении данные по людности населенных пунктов по состоянию на тот или иной год (не столь важно, первый ли этот год в рамках формирования системы или нет), мы можем выстроить их по мере убывания значения этого показателя. Однако далее перед нами встает проблема распределения поселений по уровням. При этом, даже используя принцип дополнительности и распределяя поселения либо напрямую по численности населения, либо же в пересчете на центральные функции[38], к настоящему моменту исследователи не имеют в своем распоряжении сколь-либо универсальной и надежной методики выявления структуры систем центральных мест на разных этапах эволюции. Изложению ее авторского варианта для популяционной структуры будет посвящен параграф 3.2, для пространственной структуры – параграф 3.3.

3.1. Иерархия населенных пунктов: правило Зипфа и/или теория центральных мест?

В исследованиях наших предшественников на ограниченном эмпирическом материале установлено начальное соответствие «целостных систем расселения … правилу Зипфа … и в дальнейшем постепенное формирование в этих системах иерархической структуры, приводящее к ухудшению соответствия правилу “ранг–размер” и улучшению соответствия предсказаниям теории центральных мест» [Шупер, 2014а, с. 43] и повышение соответствия этому правилу для городов по мере роста доли городского населения до 50% и для агломераций – при больших значениях этого параметра [Важенин, 1999].

О правиле Зипфа и его вариациях – предшествующих самому правилу по времени возникновения или же последующих – написано достаточно много, в том числе и в географической литературе. Позволим себе напомнить лишь, что возникло оно в лоне стенографии [Estoup, 1908]; несколькими позже и фактически

[38] Как справедливо отмечает А.А. Ткаченко, «выделенные в соответствии с разными подходами системы практически всегда находятся в определенном противоречии» [Ткаченко, 2018, с. 13].

независимо от Ж.-Б. Эсту – выведено физиком Ф. Ауэрбахом [Auerbach, 1913] и с тех пор фактически присвоено географией[39]; далее – уточнено лингвистами [Zipf, 1935; 1941], под влиянием или во взаимодействии которых с математиками и получены наиболее важные теоретико-методологические результаты [Маслов, 2005; Mandelbrot, 1954; и др.]; а в последние годы нашло применение даже в истории и теории политики [Гузев, Крадин, Никитина, 2017, с. 183].

Для лингвистов закон Зипфа состоит в следующем [Шрейдер, 1967, с. 57]: «пусть T – некоторый достаточно длинный текст, а S_T – его словник, то есть перечень всех слов, участвующих в данном тексте. Обозначим через N_k количество вхождений k-го слова из словника S_T в текст T и занумеруем элементы словника в порядке убывания (невозрастания) величин N_k. Тогда выполняется следующая эмпирическая зависимость»:

$$N_k \approx Ck^{-\gamma}. \quad (3.1.1)$$

Закон Зипфа представляет собой ранговое распределение, а «в ранговых распределениях участвуют только целые числа – ранг (номер) … объекта и число встречаемости … объекта: задается ранг и ему сопоставляется число встречаемости» [Маслов, 2006а, с. 496]. Далее, переходя в уравнении (3.1.1) от абсолютных значений к относительным, получаем, что «произведение номера слова на его частоту встречаемости есть (приблизительно) постоянная величина» [Маслов, Маслова, 2006, с. 719].

Частота встречаемости будет нам весьма необходима в заключительной части настоящего параграфа, пока же вернемся к правилу Зипфа в географии и отметим, что здесь переход от абсолютных значений к относительным не осуществляется, а сама традиционная формулировка (кстати, не представленная в численном виде в работе Ф. Ауэрбаха) выглядит следующим образом:

---

[39] Примечательно, что сам В. Кристаллер характеризовал его как «самый невероятный закон» (цит. по: [Mansury, Gulyás, 2007, p. 2439]), который представляет собой «не более, чем игру с цифрами» [Christaller, 1966, p. 82].

$$\frac{p_1}{p_n} = n, \qquad (3.1.2)$$

где p_1 – численность населения первого поселения в списке ранжированных по убыванию значения этого показателя населенных пунктов,

p_n – численность населения n-го поселения,

n – ранг поселения в указанном списке.

Поскольку эта закономерность выполняется в указанном виде далеко не всегда (легче указать случаи, когда она выполняется!), исследователи – для улучшения соответствия – прибегают к калибровке (3.1.2) по конкретным совокупностям поселений: в уравнение дополнительно вводятся – чаще – один[40] или – реже – два[41] параметра. В таком виде уравнения, вероятно, были предложены впервые соответственно А. Лоткой [Lotka, 1925] и Ю.В. Медведковым [Медведков, 1964][42]. Не избежал в свое время калибровочного соблазна и автор настоящей работы: в нашей кандидатской диссертации [Дмитриев, 2011b] мы использовали этот заманчивый прием – применительно, правда, не к правилу Зипфа, а к гравитационным моделям [Дмитриев, 2012].

Справедливо на методологическую уязвимость такого подхода в отзыве на кандидатский автореферат указал нам научный консультант по докторской диссертации В.А. Шупер, поскольку использование в знаменателе правой части (3.1.2) показателей степени, «имеющих значение, отличное от единицы, позволяет в огромной степени улучшить соответствие между эмпирическими данными и предсказаниями теории … Однако в таком … виде правило “ранг–размер” не позволяет формулировать фальсифицируемые, то есть опровергаемые утверждения и, как следствие, не может рассматриваться в качестве научной теории» [Шупер]. Пересмотрев наш подход к этому вопросу, мы полностью

---

[40] Показатель степени в правой части.

[41] Множитель в правой части.

[42] Забегая вперед, отметим, что схожие изменения – хоть и в меньшем объеме в пересчете на количество публикаций – вносятся и в уравнения классической ТЦМ (см., например, [Mulligan, 1984] и др.).

солидаризируемся с В.А. Шупером и в дальнейшем, если не указано иное, будем иметь в виду под численным выражением правила Зипфа, отражающим соотношение между численностью населения уровней иерархии, уравнение в виде (3.1.2)[43].

При этом в ТЦМ уравнение Бекманна–Парра, иллюстрирующее отношение численности населения центральных мест 1-го и *n*-го уровней иерархии, при условии постоянства значений параметров K и k для всех уровней [Дмитриев, 2019a] вытекает из уравнения (2.1.6) и имеет следующий вид:

$$\frac{p_1}{p_n} = \left(\frac{K-k}{1-k}\right)^{n-1}. \tag{3.1.3}$$

При условии стандартного Зипфовского распределения *n* населенных пунктов образуют *n* уровней иерархии – по одному на каждом уровне: график зависимости численности i-го (от *1*-го до n-го) населенного пункта от его ранга i представляет собой аналог гиперболы с фиксированными концами (без асимптот). В случае классического кристаллеровского распределения график представляет собой ломаную линию с горизонтальными площадками – уровнями иерархии, длина которых зависит от количества имеющих одинаковую численность населения центральных мест и выбранного исследователем горизонтального масштаба графика. Число центральных мест на каждой такой площадке (кроме первой) равно $K^{i-2}\times(K-1)$.

При этом в период количественной и теоретической революции в экономической географии предпринимались попытки совместить построения Зипфа и Кристаллера (прискорбно, что они практически не предпринимаются сейчас): сначала – «зипфизации» Кристаллера [Beckmann, 1958] через сведение

---

[43] В [Важенин, 1997а, с. 20] на основе анализа анаморфированной гексагональной решетки делается вывод о «“мирном сосуществовании” двух распределений иерархии городов, одновременно отвечающих правилу Зипфа и теории центральных мест». Однако поскольку анаморфирование решетки в этой работе проводилось в соответствии с правилом Зипфа с поправочными коэффициентами в (3.1.2), не удивительно, что два этих распределения стали «мирно сосуществовать» – после фактически подгонки уравнения Зипфа под ТЦМ (и наоборот).

ступенчатой функции к гиперболической посредством введения случайной переменной и приходу к континуальности распределения населенных пунктов при постоянстве K; затем – «кристаллеризации» Зипфа через «замену заданной … гиперболы на приближенную ее ступенчатую функцию», чтобы «каждому элементу сопоставлялся ранговый определенный интервал» [Арапов, Ефимова, Шрейдер, 1975][44]. Тем не менее эти попытки не увенчались значительным успехом: наше критическое отношение к первой из них будет разъяснено в конце этого параграфа, вторая же уводит нас от столь необходимого принципа фальсифицируемости (см. выше).

Как подчеркивал В. Бунге, анализируя распределение/иерархию по Зипфу и по Кристаллеру, «попытки рассмотреть распределение городов по размеру с какой-то другой точки зрения представляются … произвольными» [Бунге, 1967, с. 157]. В определенной степени мы согласны с его позицией – по крайней мере в том отношении, что не будем рассматривать иные распределения, помимо зипфовского и кристаллеровского. Далее вернемся непосредственно к рассмотрению поставленных во введении к данной главе вопросов. Первый из них сводится к тому, возможно ли формирование иерархии по Кристаллеру на самых ранних этапах – при появлении второго, третьего и т.д. уровней иерархии в дополнение к уже существующему первому и сельским поселениям *или* же кристаллеровское распределение фактически следует, сменяет в развивающихся системах расселения зипфовское, то есть что «“кристаллеризация” территории должна сопровождаться ее “дезипфизацией”, ухудшением соответствия правилу Зипфа в его классическом … виде» [Шупер, 1980, с. 98].

Несколько преобразуем уравнение (2.3.6):

$$\frac{1-\varphi}{1-k}=\left[\frac{K\times(1-k)}{K-k}\right]^{n-2}\Leftrightarrow\frac{1-\varphi}{1-k}=\left[1+\frac{k\times(1-K)}{K-k}\right]^{n-2} \qquad (3.1.4)$$

Далее проверим справедливость следующих утверждений – одного неравенства и двух систем уравнений:

---

[44] Аналогичный подход используется в работе [Спектор, 1975].

1) $$\frac{k\times(1-K)}{K-k} > -1$$

2) $$\begin{cases} n-2=0 \\ \left[1+\frac{k\times(1-K)}{K-k}\right]^{n-2} = 1+(n-2)\times\left(\frac{k\times(1-K)}{K-k}\right) \end{cases}$$

3) $$\begin{cases} n-2=1 \\ \left[1+\frac{k\times(1-K)}{K-k}\right]^{n-2} = 1+(n-2)\times\left(\frac{k\times(1-K)}{K-k}\right) \end{cases}$$

Очевидно, что неравенство выполняется при $K > 1$ и $k < 1$, то есть при стандартных накладываемых ТЦМ на данные показатели ограничениях. Вторая и третья системы уравнений выполняются всегда. Тогда для любого $(n-2)$, принадлежащего множеству натуральных чисел с включенным нулем, имеем справедливость следующего *неравенства Бернулли*:

$$\left[1+\frac{k\times(1-K)}{K-k}\right]^{n-2} \geq 1+(n-2)\times\frac{k\times(1-K)}{K-k}.$$

Из (3.1.4) в этом случае получаем:

$$\frac{1-\varphi}{1-k} \geq 1+(n-2)\times\frac{k\times(1-K)}{K-k} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n \geq 2+\frac{(\varphi-k)\times(K-k)}{k\times(K-1)\times(1-k)}. \tag{3.1.5}$$

Именно при определяемом неравенством (3.1.5) числе уровней может начинаться формирование кристаллеровской иерархии. Первое слагаемое в правой его части представляет собой сумму числа уровней – первого (с одним центральным местом) и последнего (представленного в частном случае сельскими поселениями, обслуживающими только себя). Значение второго слагаемого нам необходимо оценить снизу – тогда мы сможем точно сказать, при образовании какого именно уровня иерархии формируется распределение ЦМ по Кристаллеру. Возьмем на себя смелость оценить его минимально, то есть:

$$\frac{(\varphi-k)\times(K-k)}{k\times(K-1)\times(1-k)} = 0. \tag{3.1.6}$$

Суть (3.1.5) при выполнении (3.1.6) заключается в том, что в системе присутствуют лишь два уровня иерархии ЦМ, представленные сельскими поселениями и единственным выделившимся из их числа городом. Очевидно, справедливо (3.1.6) лишь при $\varphi = k$, то есть при наличии в системе единственного города – ЦМ. Определить значение K в этом случае затруднительно, однако же это не влияет на числитель (3.1.6) и, следовательно, на общий вывод: число уровней иерархии, с которого возможно начало формирования кристаллеровской иерархии, равно двум: первый и уровень сельских населенных пунктов. В этой связи можно с уверенностью говорить о том, что *формирование кристаллеровской иерархии возможно на самых ранних этапах развития системы ЦМ*.

Какое же из распределений – по Зипфу или по Кристаллеру – вызывает на ранних этапах своего формирования наименьшие возмущения в населении совокупности/системы поселений? То есть, в конечном счете, «по какой» из них лучше развиваться системе?

Для ответа на этот вопрос сначала – как это было сделано выше – установим, при появлении какого уровня иерархии может начаться формирование распределения по Зипфу. Будем использовать те же обозначения, что и в случае распределения по Кристаллеру. Тогда доля городского населения системы в общем случае выражается следующим уравнением:

$$\varphi = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \cdots + p_n}{P_1}$$

Несколько преобразуем его, принимая во внимание предполагаемое зипфовское распределение:

$$\varphi = \frac{p_1 + \frac{p_1}{2} + \frac{p_1}{3} + \cdots + \frac{p_1}{n}}{P_1} = \frac{p_1}{P_1} \times \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots + \frac{1}{n}\right) \qquad (3.1.9)$$

Очевидно, первый множитель в правой части (3.1.9) представляет собой k. Представим, что после поселения первого уровня появляется поселение второго уровня – как это имеет место со сравниваемой иерархией по Кристаллеру. Тогда (3.1.9) сводится к:

$$\varphi = k \times \frac{3}{2}.$$

Очевидно, что при возможном максимуме φ максимум k составляет 0,667 (округленно). При таком же числе уровней иерархии максимум k в рамках кристаллеровской иерархии несколько меньше (округленно): от 0,586 при $K = 2$ до 0,519 при $K = 7$. Однако же, начиная со следующего уровня иерархии, в более свободном положении оказывается именно распределение по Кристаллеру (поскольку, напомним, в рамках дальнейшей эволюции происходит появление ЦМ новых уровней иерархии при постоянстве $K = 2$): при сохранении для него на этом этапе максимума k в 0,586 долей единицы, максимум k для распределения по Зипфу снижается до 0,545/0,480/0,438/… при 3/4/5/… уровнях иерархии.

Тенденция уже очевидна, однако возьмем для проверки гипотетически большее число уровней иерархии. Второй множитель в правой части (3.1.9) представляет собой n-ое гармоническое число, то есть частичную сумму n первых членов гармонического ряда. Применяя формулу Эйлера как асимптотическое выражение, получаем:

$$\varphi \approx k \times (ln(n) + \gamma),$$

где $\gamma = 0{,}5772$ – постоянная Эйлера – Маскерони.

К примеру, при 100 уровнях иерархии максимальное значение k в рамках распределения по Зипфу составляет менее 0,2 долей единицы, в то время как в рамках распределения по Кристаллеру – все те же 0,586.

Далее попробуем оценить, каковы же «энергетические затраты» системы при формировании одного из двух типов распределения. Зададим достаточно строгие условия: 1) имеем две системы расселения с одинаковой и постоянной численностью населения; 2) каждая из них представлена одним городским поселением с постоянной численностью населения ($k = 0{,}1$) и некоторым числом сельских поселений; 3) обе системы изолированы.

Таким образом, любые изменения численности населения возможны только лишь в результате его перемещений между населенными пунктами разных типов (разные уровни иерархии или сельская местность). Далее сравнивалась накопленная за каждый шаг эволюции иерархической структуры по Зипфу и по Кристаллеру численность населения системы (шаги с 1 по 8 представлены в

Таблице 3.1.1). В дальнейшем такая процедура была пошагово проделана до числа поселений в обоих типах иерархии, соответствующего таковому при $K = 7$ и $n = 4$ (не считая уровня сельских поселений) в изолированной кристаллеровской решетке. При этом на каждом шаге эволюции накопленная численность населения в рамках сложившегося распределения по Зипфу превышала таковую по Кристаллеру. Объяснение этой закономерности следует искать в том населении, которое «расходуется» на каждом шаге эволюции: в случае распределения по Зипфу население нового города берется (вычитается) из сельского населения, в то время как при построении иерархии по Кристаллеру село не так сильно теряет население – часть «потерь» компенсируется за счет снижения численности населения поселений, уже образовавшихся на данном уровне в пользу новых.

При этом нуждается в уточнении следующая фраза А.Д. Арманда: «На расшифровку гиперболического распределения (или близкого к нему распределения Зипфа) потрачено много интеллектуальной энергии, и до сих пор не все тут понятно. Но похоже, что вогнутая кривая начинает просвечивать в условиях слабых взаимодействий множества однотипных элементов, когда система еще как будто не заслуживает названия системы, но и просто множеством ее называть уже неловко. Причем эта совокупность питается … из одного и того же источника ресурсов» [Арманд, 2001, с. 80-81]. Однако же на самом деле «просвечивать в условиях слабых взаимодействий» начинает скорее ступенчатый график функции Кристаллера, а не вогнутая кривая Зипфа. При этом «питаются» в рамках построения иерархии новые населенные пункты не обязательно из одного источника, если подразумевать под ним уже существующие городские поселения или сельскую местность: жизнь городам в случае формирования распределения по Зипфу дает только село, а по Кристаллеру – и уже сформировавшиеся города. Можно заключить, что при фактически одинаковых возможностях формирования распределения по Зипфу и иерархии по Кристаллеру на ее начальных этапах в отношении доли городского населения φ, преимущества последней дают бóльшие значения максимума k и меньшие энергетические затраты системы на перераспределение населения между населенными пунктами.

Таблица 3.1.1 – Сравнение численности населения, накопленной системой в результате пошагового построения распределения по Зипфу и иерархии по Кристаллеру

Шаг эволюции	Изменения в числе центральных мест и уровнях по отношению к предыдущему шагу		Накопленная численность населения без учета 1го уровня	
	Распределение по Зипфу	Иерархия по Кристаллеру	Распределение по Зипфу	Иерархия по Кристаллеру
1	+1 город на 2м уровне	+1 город на 2м уровне	$\frac{p_1}{2}$	$p_1 \times \left(\frac{1-k}{2-k}\right)$
2	+1 город на 3м уровне	+1 город на 2м уровне	$\frac{p_1}{2}+\frac{p_1}{3}$	$2p_1 \times \left(\frac{1-k}{3-k}\right)$
3	+1 город на 4м уровне	+1 город на 2м уровне	$\frac{p_1}{2}+\frac{p_1}{3}+\frac{p_1}{4}$	$3p_1 \times \left(\frac{1-k}{4-k}\right)$
4	+1 город на 5м уровне	+1 город на 2м уровне	$\frac{p_1}{2}+\frac{p_1}{3}+\frac{p_1}{4}+\frac{p_1}{5}$	$4p_1 \times \left(\frac{1-k}{5-k}\right)$
5	+1 город на 6м уровне	+1 город на 2м уровне	$\frac{p_1}{2}+\frac{p_1}{3}+\frac{p_1}{4}+\frac{p_1}{5}+\frac{p_1}{6}$	$5p_1 \times \left(\frac{1-k}{6-k}\right)$
6	+1 город на 7м уровне	+1 город на 2м уровне	$\frac{p_1}{2}+\frac{p_1}{3}+\frac{p_1}{4}+\frac{p_1}{5}+\frac{p_1}{6}+\frac{p_1}{7}$	$6p_1 \times \left(\frac{1-k}{7-k}\right)$
7	+1 город на 8м уровне	+1 город на 3м уровне	$\frac{p_1}{2}+\frac{p_1}{3}+\frac{p_1}{4}+\frac{p_1}{5}+\frac{p_1}{6}+\frac{p_1}{7}+\frac{p_1}{8}$	$6p_1 \times \left(\frac{1-k}{7-k}\right)+p_1 \times \left(\frac{1-k}{2-k}\right)^2$
8	+1 город на 9м уровне	+1 город на 3м уровне	$\frac{p_1}{2}+\frac{p_1}{3}+\frac{p_1}{4}+\frac{p_1}{5}+\frac{p_1}{6}+\frac{p_1}{7}+\frac{p_1}{8}+\frac{p_1}{9}$	$6p_1 \times \left(\frac{1-k}{7-k}\right)+2p_1 \times \left(\frac{1-k}{2-k}\right)^2$

Рассчитано и составлено автором.

Вернемся к утверждению из [Важенин, 1999], в соответствии с которым система городов все более соответствует правилу Зипфа по мере роста доли городского населения до 50%. Рассмотрим для примера первые 5 городов некой системы по состоянию на определенную дату: графики реального и идеального (по Зипфу) распределения представлены на Рисунке 3.1.1.

В том случае, если бы представленные функции были непрерывными, то есть – упрощенно – значений ранга и численности населения было бесконечно много между двумя соседними целочисленными значениями, степень отклонения реального распределения городов от идеального была бы пропорциональна площади фигуры, ограниченной двумя графиками и вертикальной прямой, соответствующей рангу под номером 5 (Рисунок 3.1.1).

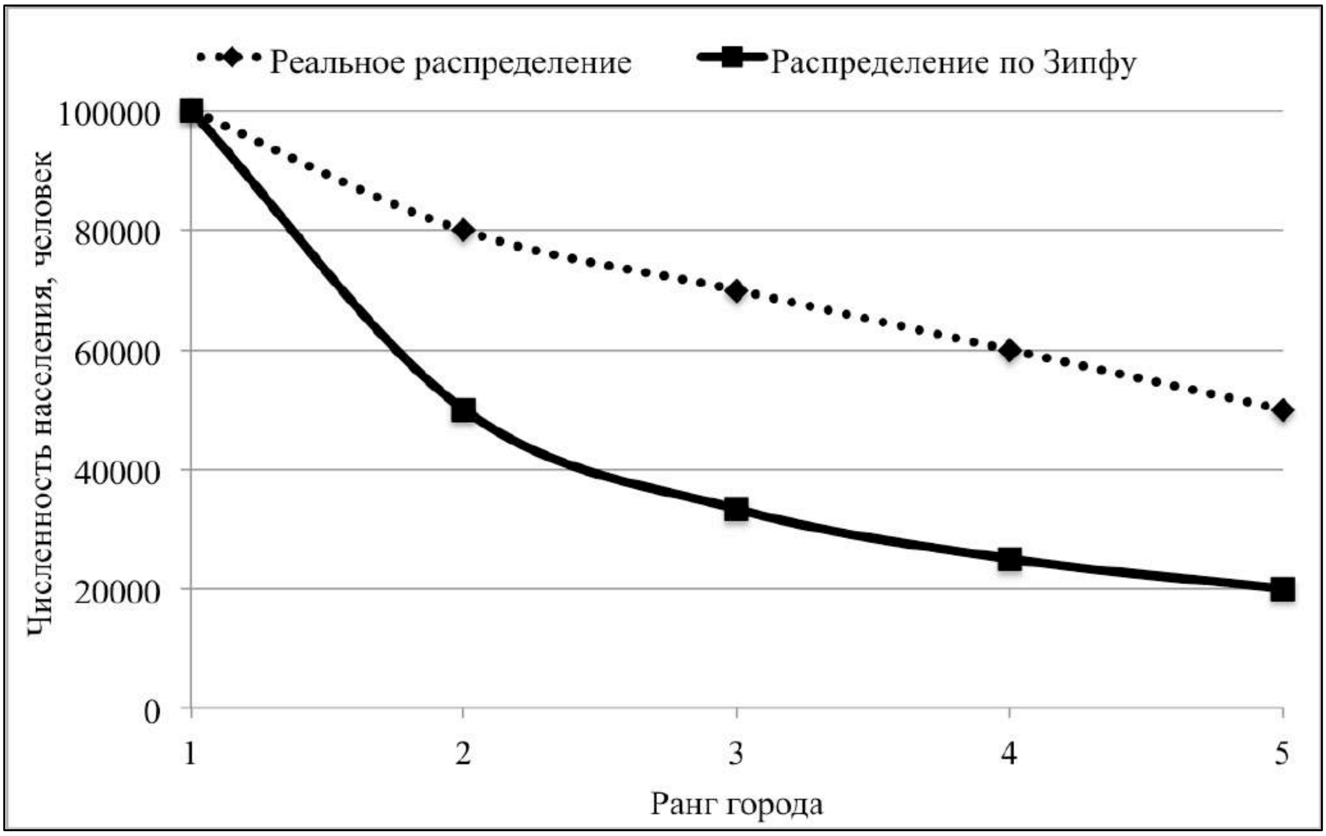


Рисунок 3.1.1 – Реальное и идеальное (по Зипфу) распределение городов некоторой системы по состоянию на определенный момент времени
Составлено автором.

В соответствии *с геометрическим смыслом определенного интеграла* эта площадь (A) вычислялась бы по формуле:

$$A = \int_{1}^{5} \left(f_{\text{реального распределения}} - f_{\text{идеального распределения}}\right) dx.$$

Сравнение площадей фигур, ограниченных соответствующими графиками по состоянию на разные годы, позволяет говорить о тенденции ее увеличения или уменьшения, то есть, соответственно – уменьшения или увеличения соответствия реального распределения идеальному (по Зипфу). Однако в действительности функции, графики которых изображены на Рисунке 3.1.1, не непрерывны. В этом случае мы имеем возможность перейти от интеграла к сумме, вычисляя степень отклонения двух распределений (A) следующим образом[45]:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^{n} \left| p_i^{\text{реал.}} - p_i^{\text{идеал.}} \right|, \qquad (3.1.10)$$

где $p_i^{\text{реал.}}$ – реальная численность населения города i-го ранга в ряду поселений, составленном по убыванию их людности;

$p_i^{\text{идеал.}}$ – соответствующая идеальная численность в рамках зипфовского распределения, рассчитанная по формуле (3.1.2);

n – число взятых для рассмотрения городов системы[46].

---

[45] Поскольку значения численности населения первого города для реального и идеального распределения одинаковы, суммирование производится, начиная со второго по людности города. Знак модуля необходим, поскольку в общем случае для каждого ранга отклонения могут быть как положительными, так и отрицательными.

[46] Специалистами в области статистики показано, что наибольшее отклонение от графика идеального распределения имеет «голова» и «хвост» реального распределения. В этой связи для рассмотрения целесообразно брать либо оба этих участка, либо же один из них (предпочтительно – «голову»). Поскольку при прочих равных условиях значение A зависит от количества рассматриваемых городов, при сравнении систем по состоянию на разные временные отсечки необходимо проводить анализ как можно более близких по числу городов «голов» распределения.

Таким образом, *при установлении соответствия реального рангового распределения городов идеальному необходимо использовать именно абсолютные, а не относительные значения показателей. Это непосредственно вытекает из геометрического смысла определенного интеграла.*

Далее рассмотрим наиболее простой случай – систему с постоянной людностью 1-го города, при этом значение реальной численности населения города каждого следующего ранга будем считать превышающим соответствующее идеальное значение. Тогда (3.1.10) имеет следующий вид:

$$A = \frac{1}{n}\sum_{i=2}^{n}\left(p_i^{\text{реал.}} - p_i^{\text{идеал.}}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow nA = \left(p_2^{\text{реал.}} - p_2^{\text{идеал.}}\right) + \left(p_3^{\text{реал.}} - p_3^{\text{идеал.}}\right) + \cdots + \left(p_n^{\text{реал.}} - p_n^{\text{идеал.}}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow nA = \left(p_2^{\text{реал.}} + p_3^{\text{реал.}} + \cdots + p_n^{\text{реал.}}\right) - \left(p_2^{\text{идеал.}} + p_3^{\text{идеал.}} + \cdots + p_n^{\text{идеал.}}\right).$$

Перенесем сумму идеальных значений людности в левую часть уравнения и добавим к обеим частям численность населения первого города:

$$nA + (p_1^{\text{идеал.}} + p_2^{\text{идеал.}} + \cdots + p_n^{\text{идеал.}}) = \left(p_1^{\text{реал.}} + p_2^{\text{реал.}} + \cdots + p_n^{\text{реал.}}\right). \qquad (3.1.11)$$

Поскольку идеальная численность городского населения представляет собой константу (*const*), уравнение (3.1.11) имеет общий вид $ax + b = y$, то есть представляет собой уравнение прямой. Из этого следует, что увеличение (уменьшение) реальной численности городского населения приводит к соответствующему увеличению (уменьшению) значения *A*. Разделим левую и правую части (3.1.11) на общую численность населения всей системы (P_1). Тогда:

$$\frac{nA + const}{P_1} = \varphi,$$

где φ – доля городского населения системы.

Иными словами, увеличение доли городского населения приводит к увеличению значения *A*. Таким образом, *мы констатируем, что формирование иерархии по Кристаллеру на ранних этапах развития систем расселения более предпочтительно по сравнению с распределением по Зипфу. При этом с ростом доли городского населения соответствие реального рангового распределения городов идеальному (по Зипфу) уменьшается.*

Следующий вопрос сводится к тому, какое из распределений – зипфовское или кристаллеровское – вызывает меньше логических и/или методологических противоречий в рамках своего формирования. Однако почему бы населению не сосредоточиться в небольшом числе достаточно крупных населенных пунктов? Академик В.П. Маслов подчеркивает в этой связи: «… для городов слишком большая перегрузка населения может привести к фазовому переходу и потере равновесия, как если бы в одной части лодки скопилось слишком большое количество людей» [Маслов, 2006b, с. 226]. При ответе выше мы принимали в качестве данности соответствие шагов эволюции кристаллеровского и зипфовского распределения: и если в первой (см. параграфы 2.2 и 2.3) мы достаточно уверены, то к распределению по Зипфу на самом деле вообще нельзя подходить с мерилом какой-либо четкой последовательности. Причина этого кроется в том, что «… корпус данных, удовлетворяющих закону Зипфа, возникает из последовательности наблюдений за некоторой системой, демонстрирующей стохастическое поведение» [Манин, 2014, с. 53], при предположении о том, что «темп роста города – случайная величина, имеющая постоянное среднее значение и неизменную дисперсию; в пределе распределение размера городов будет иметь свойства, отвечающие закону Зипфа» [Коломак, 2016, с. 127], то есть, в конечном счете, «что население любого города прирастает пропорционально уже имеющемуся числу его жителей» [Трубников, Румынский, 1991, с. 274].

Иными словами, формирование зипфовского распределения есть совокупность случайных процессов. Недаром оно отнесено к числу «так называемых пяти великих распределений вероятностей» [Трубников, Трубникова, 2004], а отечественными исследователями предложена [Гусейн-Заде, 1975] энтропийная модель[47] «совокупностей городских поселений», для которых «имеются основания использовать эпитет “невзаимодействующие”» [Гусейн-Заде, 1988b, с. 106]. При этом вызывает много вопросов отсутствие в географической формулировке правила Зипфа фактически необходимого перехода от абсолютных

[47] Вероятно, первенство в применении энтропийных моделей при изучении расселения населения принадлежит Ю.В. Медведкову [Медведков, 1968].

к относительным (то есть вероятностным) показателям – не совсем ясно даже, о каких относительных показателях в случае городов может идти речь, а их отсутствие ослабляет модель столь сильно, что делает ее практически нерабочей. При этом многие исследователи (к примеру, П. Кругман [Krugman, 1966]) отмечали, что «вопрос, почему справедлив закон Зипфа, подменяется вопросом, почему справедлив степенной закон распределения» [Сидоров, 2018, с. 13].

Выбираемая для анализа на соответствие зипфовскому распределению совокупность поселений представляет собой мгновенную «фотографию», объяснение сути которой сводится в большинстве работ исследователей не к выявлению причин, побудивших поселения выстраиваться в соответствии с этой иерархией, а к калибровке основного уравнения и выдвижению гипотез о необходимости государственного регулирования расселенческих процессов для большего ему удовлетворения. Пожалуй, главная методологическая слабость заключается здесь в том, что для анализа традиционно берутся взаимодействующие между собой поселения, хотя, как было показано в [Гусейн-Заде, 1988b, с. 103], «модель Зипфа … не применима к ряду естественным образом выделяемых и представляющих содержательный интерес совокупностей городов». Еще больше вопросов вызывают попытки выдвижения предложений по «руководству» развитием расселенческих процессов, встречающиеся во многих географических работах. Действительно, «простота и некоторая универсальность закона Зипфа являются свойствами, которые привлекают исследователей, однако выявление отклонений от этого правила не может трактоваться как свидетельство дефектов в городской системе страны и неэффективности механизмов ее формирования» [Коломак, 2016, с. 127–128].

Таким образом, *распределение по Зипфу и по Кристаллеру – своего рода две «несмешиваемые жидкости»: если первое основано на вероятностных процессах, то второе – на неслучайных, даже детерминированных. Переход системы расселения от распределения по Зипфу к распределению по Кристаллеру представляет собой на данном этапе развития науки достаточно слабый в методологическом и логическом отношении конструкт.*

3.2. Системы центральных мест: построение популяционной структуры[48]

Проблему отсутствия в распоряжении исследователей универсальной и надежной методики построения четкой иерархии в определенной степени решает подход, предложенный отечественными исследователями [Шупер, 1995a]: реальная система сравнивается с идеальной, имеющей определенное значение K (от 2 до 7) – равное для всех уровней иерархии. Однако и при использовании этой методики буквально сразу возникают вопросы, не решенные до сих пор:

1) почему выбирается именно то или иное значение K и именно «под него» распределяются реальные поселения? Приведем пример. Для системы расселения Эстонии 1959 г. характерны следующие значения численности населения (человек) семи наиболее многолюдных поселений, ранжированные по убыванию: 281714 – 74263 – 36067 – 29188 – 27630 – 17916 – 14296 [Всесоюзная перепись … 1959]. Какое в этом случае значение K выбрать – 2, 3 или иное? И почему? Эти же вопросы возникают и при наличии более резких перепадов в значениях людности поселений, чем в приведенном примере, поскольку, как будет показано в главах 4 и 5, даже в этом случае границы между уровнями далеко не всегда могут и будут проводиться по наиболее резким перепадам. В исследованиях наших предшественников [Валесян, 1995; Шупер, 1995a] выбиралось то значение K, которое обеспечивает наименьшие отклонения от предсказаний теории. Однако такой подход достаточно уязвим для критики: получается, что поселения реальной системы распределяются по уровням иерархии в соответствии с наиболее подходящим идеальным вариантом (выбирается из трех вариантов с $K = 3$, $K = 4$, $K = 7$), а потом с ним и сравнивается в рамках расчета показателя изостатического равновесия. Не происходит ли здесь в определенной степени «подгон» результата под условие?

2) почему значение K должно быть равным для всех уровней иерархии? Это предположение оказывается в достаточной степени вынужденным, поскольку

---

[48] Содержание настоящего параграфа в значительной степени опирается на результаты, полученные в [Дмитриев, 2021a; 2021b].

если проведение границ между вторым и третьим уровнями может наталкиваться на указанные выше методические проблемы, то, к примеру, между третьим и четвертым или четвертым и пятым – когда резкие перепады в людности между поселениями все более сглаживаются – вообще оказывается практически невозможным при таком подходе. Разумеется, сравнение реальных систем с глобальным идеалом (когда значение K постоянно для всех уровней иерархии) выглядит очень красивым, однако, как будет показано далее в этом и следующем параграфах, локальные идеалы (с собственным K для разных уровней, переходящие при равенстве в идеал глобальный для всей решетки в целом) нисколько не проигрывают глобальному в красоте построений, а в теоретическом отношении имеют несомненные преимущества;

3) в исследованиях наших предшественников очень часто имела место ситуация, когда последний взятый для рассмотрения уровень иерархии был недоукомплектован при избранном для всей решетки варианте K – число центральных мест на нем оказывалось меньше, чем того требует теория. Уже здесь возникает коллизия: если мы сравниваем реальную решетку с ее идеальным аналогом, то значение K для последнего уровня не равно таковому для всех вышележащих уровней. Это наносит серьезный, даже сокрушающий удар по предположению о том, что значение K равно для всех уровней иерархии.

4) сколько выделяется уровней иерархии – вопрос, также решаемый в работах наших предшественников в достаточной степени произвольно. На самом деле все поселения системы относятся к тому или иному уровню иерархии. Однако, как будет показано в параграфе 3.3, при таком подходе возникают значительные трудности технического характера в итоговых расчетах, поэтому для упрощения рассматриваться будут только первые уровни (не более 4-5). Это следует оговаривать особо.

Для того чтобы преодолеть указанные трудности, обратимся к уравнению (2.3.6) – именно оно поможет нам подойти к общей методике распределения поселений по уровням иерархии. В том случае, если мы имеем дело с частным случаем – равенством значений K для разных уровней – (2.3.6) сохраняет свой вид. Если же мы хотим релятивизировать его, распространив его действие на все многообразие случаев, то должны изменить вид уравнения. Перепишем его исходный вариант в несколько измененном виде:

$$\varphi = 1 - (1-k)^{(n-1)} \times \left(\frac{K}{K-k}\right)^{n-2}.$$

При этом для системы с тремя уровнями иерархии (первый, появившийся в рамках эволюционных преобразований второй, и уровень сельских поселений) не возникает проблем: число обслуживаемых центральным местом 1-го уровня иерархии центральных мест 2-го уровня плюс оно само (K_1) определяется стандартным образом из приведенного уравнения. Для системы с четырьмя уровнями иерархии уравнение будет иметь общий вид:

$$\varphi = 1 - (1-k)^3 \times \left(\frac{K_1}{K_1-k}\right) \times \left(\frac{K_2}{K_2-k}\right), \qquad (3.2.1)$$

сводясь в частном случае равенства K для всех уровней к

$$\varphi = 1 - (1-k)^3 \times \left(\frac{K}{K-k}\right)^2.$$

В [Шупер, 1995а] подчеркивается, что в реальных системах расселения число уровней иерархии ЦМ не превышает семи. В этой связи в Таблице 3.2.1 мы приводим формулы, отражающие значение доли городского населения (φ) и K для семи уровней иерархии (при наличии восьмого уровня, представленного сельскими поселениями) в идеальной кристаллеровской решетке.

Теперь перейдем к непосредственному объяснению того, как определяется принадлежность поселения реальной системы расселения к тому или иному уровню иерархии и устанавливается его соответствие идеальной структуре. Покажем последовательность действий на абстрактном примере – возьмем некую самостоятельную систему расселения (пусть это будет страна с общей численностью населения 1 млн человек) и проранжируем все городские поселения (столбец 1) в порядке уменьшения численности их населения (столбец 2). Построим опорную таблицу (Таблица 3.2.2), включающую накопленную численность населения с учетом каждого города (столбец 3) и соответствующую рассчитанную долю городского населения (столбец 4).

Таблица 3.2.1 – Общий вид уравнений, отражающих значения доли городского населения (φ) и параметра K для уровней иерархии в изолированной (самостоятельной) системе центральных мест

Уровень	*Вид уравнения для φ*	*Вид уравнения для K*
2	$\varphi = 1-(1-k)^2\times\left(\frac{K_1}{K_1-k}\right)$	$K_1 = \frac{k\times(1-\varphi)}{(1-\varphi)-(1-k)^2}$
3	$\varphi = 1-(1-k)^3\times\left(\frac{K_1}{K_1-k}\right)\times\left(\frac{K_2}{K_2-k}\right)$	$K_2 = \frac{k\times(1-\varphi)\times(K_1-k)}{(1-\varphi)\times(K_1-k)-K_1\times(1-k)^3}$
4	$\varphi = 1-(1-k)^4\times\left(\frac{K_1}{K_1-k}\right)\times\left(\frac{K_2}{K_2-k}\right)\times$ $\times\left(\frac{K_3}{K_3-k}\right)$	$K_3 =$ $= \frac{k\times(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)}{(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)-K_1\times K_2\times(1-k)^4}$
5	$\varphi = 1-(1-k)^5\times\left(\frac{K_1}{K_1-k}\right)\times\left(\frac{K_2}{K_2-k}\right)\times$ $\times\left(\frac{K_3}{K_3-k}\right)\times\left(\frac{K_4}{K_4-k}\right)$	$K_4 =$ $= \frac{k\times(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)\times(K_3-k)}{(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)\times(K_3-k)-K_1\times K_2\times K_3\times(1-k)^5}$
6	$\varphi = 1-(1-k)^6\times\left(\frac{K_1}{K_1-k}\right)\times\left(\frac{K_2}{K_2-k}\right)\times$ $\times\left(\frac{K_3}{K_3-k}\right)\times\left(\frac{K_4}{K_4-k}\right)\times\left(\frac{K_5}{K_5-k}\right)$	$K_5 =$ $= \frac{k\times(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)\times(K_3-k)\times(K_4-k)}{(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)\times(K_3-k)\times(K_4-k)-K_1\times K_2\times K_3\times K_4\times(1-k)^6}$
7	$\varphi = 1-(1-k)^7\times\left(\frac{K_1}{K_1-k}\right)\times\left(\frac{K_2}{K_2-k}\right)\times$ $\times\left(\frac{K_3}{K_3-k}\right)\times\left(\frac{K_4}{K_4-k}\right)\times$ $\times\left(\frac{K_5}{K_5-k}\right)\times\left(\frac{K_6}{K_6-k}\right)$	$K_6 =$ $\frac{k\times(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)\times(K_3-k)\times(K_4-k)\times(K_4-k)}{(1-\varphi)\times(K_1-k)\times(K_2-k)\times(K_3-k)\times(K_4-k)\times(K_5-k)-K_1K_2K_3K_4K_5(1-k)^7}$

Составлено автором.

Значение k (столбец 5) одинаково для ЦМ всех уровней иерархии (кроме последнего сельского, в таблице не показанного[49]).

Таблица 3.2.2 – Опорная таблица при K = 3 (общий вид)*

Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.000.000*	*накопленная численность населения системы*	φ**	k**	$\boldsymbol{K_1}$**	$\boldsymbol{K_2}$**
Город №1	300.000					
Город №2	100.000	400.000	0,400	0,300	**1,636**	
Город №3	80.000	480.000	0,480	0,300	**5,200**	
Город №4	34.000	514.000	0,514	0,300	**-36,450**	**1,195**
Город №5	29.000	543.000	0,543	0,300	**-4,155**	**1,474**
Город №6	25.000	568.000	0,568	0,300	**-2,234**	**1,906**
Город №7	22.000	590.000	0,590	0,300	**-1,538**	**2,674**
Город №8	17.000	607.000	0,607	0,300	**-1,215**	**4,066**
Город №9	12.000	619.000	0,619	0,300	**-1,049**	**6,724**
Город №10	11.000	630.000	0,630	0,300	**-0,925**	**18,500**
Город №11	10.800	640.800	0,641	0,300	**-0,824**	**-22,450**
Город №12	7.400	648.200	0,648	0,300	**-0,764**	**-8,651**
Город №…	…	…	…	0,300	**…**	**…**

*Полный расчет произведен по второму и третьему уровням иерархии.

**Значения округлены до третьего знака после запятой.

Рассчитано и составлено автором.

В соответствии с установленной в главе 2 последовательностью эволюции систем ЦМ и на основе Таблицы (3.2.1) получаем расчетные значения K для

[49] С точки зрения классической ТЦМ на селе иерархии нет, однако в случае рассмотрения изолированных, а не бесконечных решеток все поселения – в том числе сельские – заполняют иерархические уровни.

каждого ЦМ каждого уровня иерархии (столбцы 6 и 7). В идеальном случае численность ЦМ одного уровня должна быть одинаковой и на определенном шаге в сумме давать то *К*, которое соответствует их числу плюс единица. Однако в реальных системах расселения одинаковая людность поселений – редкое исключение. В этой связи значение *К* соответствует не каждому центральному месту в отдельности, а той накопленной численности населения, которую может обслужить одно центральное место более высокого уровня. Расчет *К* (движение вниз по столбцу) ведется до достижения этим параметром значения 7: оно может оказаться меньше этого порога, но ни при каких обстоятельствах в ТЦМ не может его превышать. Достигнув максимального значения $K_{рассч.}$, мы должны закончить счет, отнести все посчитанные города к одному уровню иерархии и, учитывая полученные выражения для предыдущих уровней (в Таблице 3.2.2 – ячейка на пересечении строки для города № 3 и K_1) – то есть взаимодействия между ними (см. Таблицу 3.2.1), перейти к расчетам для следующего уровня. Эта процедура продолжается до тех пор, пока все ЦМ не будут распределены по уровням. При этом отличия в значении $K_{рассч.}$ (в рамках процедур вычисления по установленным формулам) и $K_{идеал.}$ (целочисленного значения в соответствии с ТЦМ) заключаются в несоответствии реальной и идеальной численности населения ЦМ того или иного уровня. В Таблице 3.2.2 представлен выигрышный случай, когда число ЦМ на каждом уровне соответствует их количеству в идеальном варианте решетки с $K = 3$: одно ЦМ – на 1-м уровне, два – на 2-м, шесть – на 3-м (далее уровни не распределены). Однако так бывает далеко не всегда (см. главы 4 и 5).

Очевидно, что в большинстве случаев значение *К* в ячейках опорной таблицы будет дробным. Это связано с несоответствиями между реальной и идеальной системами ЦМ. В рамках дальнейших расчетов теоретического радиуса[50] для второго уровня иерархии (Таблица 3.2.2) получаем реальную численность населения 180000 = 100000 + 80000; идеальная же численность

[50] Понятие, введенное В.А. Шупером. Представляет собой частное от деления «реальной (эмпирической) численности населения всех центральных мест данного уровня» на его «теоретически предсказанную численность населения» [Шупер, 1995а, с. 96].

рассчитывается не так просто. В том случае, если мы возьмем для рассмотрения полученное из опорной таблицы K_1 и применим уравнение Бекманна – Парра, то идеальная численность населения одного ЦМ 2-го уровня иерархии составит (человек):

$$p_2 = p_1 \times \left(\frac{1-k}{K_1-k}\right) = 300000 \times \left(\frac{1-0{,}300}{5{,}200-0{,}300}\right)$$

Физически таких мест два, однако на самом деле их число определяется выражением $(K_1 - 1) = 5{,}200 - 1 = 4{,}200$. Умножив его на численность населения одного ЦМ данного уровня, получаем цифру в 180000 человек. Разделим реальную численность населения уровня на идеальную, получаем единицу – весьма странный результат… Попробуем проделать то же со вторым уровнем: реальная численность его населения составляет $(34 + 29 + 25 + 22 + 17 + 12) \times 1000 = 139000$ человек. Идеальная численность населения одного ЦМ 3го уровня составляет, согласно уравнению Бекманна – Парра, релятивизированному нами для случая с непостоянным K для разных уровней:

$$p_3 = p_1 \times \left(\frac{1-k}{K_1-k}\right) \times \left(\frac{1-k}{K_2-k}\right) = 300000 \times \left(\frac{1-0{,}300}{5{,}200-0{,}300}\right) \times \left(\frac{1-0{,}300}{6{,}724-0{,}300}\right)$$

Число таких центральных мест равно $K_1 \times (K_2 - 1) = 5{,}200 \times (6{,}724 - 1)$. Если мы умножим это число на идеальную численность одного ЦМ третьего уровня, то получим 139000. Разделив реальную численность населения всего уровня на идеальную, мы снова получим единицу! Нетрудно убедиться, что таковым результат будет и для всех остальных уровней иерархии.

Однако полученное соотношение в виде единицы на самом деле говорит нам не более того, что мы верно распределили все ЦМ по уровням иерархии. Неточность в приведенных выше расчетах кроется в том, что все-таки число ЦМ на каждом уровне реальной системы расселения есть целое, а использованное нами выше представляет собой таковое для идеальной системы ЦМ. Иными словами, чтобы продолжить двигаться дальше, мы должны применить другой способ расчета K для реальных систем. При постоянстве значения этого параметра для всех уровней иерархии проблем не возникает, однако при отличающихся приходится использовать косвенный подход. Напомним, что *К* в ТЦМ представляет собой число ЦМ следующего, более низкого уровня иерархии, обслуживаемое одним ЦМ более высокого уровня, плюс единица. Однако его значение можно вывести и расчетным способом (помимо геометрического), разделив суммарное накопленное число ЦМ (принадлежащих уровням иерархии с 1-го до текущего – того, для которого ведется расчет *К*) на то же накопленное число ЦМ, но без учета их количества на текущем уровне. Возвращаясь к опорной Таблице 3.2.2, получаем таким образом значения $K_1 = (1+2)/1 = 3$ и $K_2 = (1+2+6)/(1+2) = 3$. Повторимся, что постоянство *К* для всех уровней иерархии – лишь частный случай, а его значение вполне может быть и дробным.

Далее с помощью уравнения Бекманна – Парра рассчитаем суммарную идеальную численность второго уровня иерархии в опорной таблице (число ЦМ на нем равно двум):

$$2 \times p_1 \times \left(\frac{1-k}{K-k}\right) = 2 \times 300000 \times \left(\frac{1-0{,}3}{3-0{,}3}\right) = 155556.$$

Для третьего уровня иерархии – соответственно (число ЦМ равно шести):

$$6 \times p_1 \times \left(\frac{1-k}{K_1-k}\right) \times \left(\frac{1-k}{K_2-k}\right) = 6 \times 300000 \times \left(\frac{1-0{,}3}{3-0{,}3}\right) \times \left(\frac{1-0{,}3}{3-0{,}3}\right) = 120988.$$

Разделив реальную численность населения на идеальную, получаем значения теоретических радиусов для 2-го и 3-го уровней иерархии соответственно $R_2^t = 1{,}157$ и $R_3^t = 1{,}149$. Поскольку значения каждого из них превышают единицу, то оба уровня оказываются более тяжелыми, чем это предполагает ТЦМ. Для компенсации большей численности населения в рамках равновесного состояния всей системы они должны в среднем находиться дальше от ЦМ 1-го уровня, чем предполагается. Однако подробнее об этом будет сказано в следующем параграфе.

Таким образом, ТЦМ сама по себе позволяет исследователю распределить ЦМ по уровням иерархии только лишь с опорой на численность их населения. Для этого не требуются какие-либо дополнительные конструкты или же привлечение механизма анализа центральных функций. Иерархия по численности населения в системе ЦМ для каждого момента времени существует только одна; центральных же функций много, и каждой соответствует своя иерархия. Таким образом, иерархия ЦМ по численности населения в рамках ТЦМ может быть только установлена, но ни в коем случае не выстроена. Любые исследовательские критерии (в частности, те или иные критерии выделения групп городов и т.п.) оказываются слабее критерия распределения ЦМ по уровням иерархии, определяемого самой ТЦМ.

Сейчас же мы бы хотели вернуться к Таблицам 2.3.1 и 3.2.2 и показать их связь с некоторыми концепциями общественной географии, казавшимися до сих пор самостоятельными в теоретическом отношении. Выше подчеркивалось, что как в бесконечной, так и в изолированной решетках Кристаллера первые центральные места появляются в рамках второго уровня иерархии – до достижения максимума $K = 7$; затем эволюция идет по пути построения подсистем с новым уровнем иерархии на каждом шаге эволюции при сохранении значения $K = 2$. В то же время – и это крайне важно! – система не обязательно должна достигать максимального значения при формировании второго уровня иерархии. Вернее, она должна достичь лишь того максимума, который возможен при текущем соотношении численности населения реальных ЦМ, но он не обязательно должен соответствовать максимуму для идеальной решетки, а вполне может быть и меньше него (в Таблице 3.2.2 – ячейка на пересечении строки для города № 3 и K_1) – с тем лишь условием, что отнесение следующего по рангу ЦМ ко 2-му уровню иерархии дает превышение максимума для идеальной решетки (то есть значения $K = 7$) и поэтому не возможно.

При этом, очевидно, для возникающих в процессе эволюции ЦМ 2-го уровня должно быть справедливо неравенство:

$$1 < \frac{k \times (1 - \varphi)}{(1 - \varphi) - (1 - k)^2} \leq 7.$$

При этом k выступает в качестве независимой переменной, φ же – зависимой, поскольку включает в себя в том числе k. Тогда данное неравенство справедливо для любых значений k, ограниченных выявленным в параграфе 2.1 инвариантом, а также при условии

$$\varphi \leq \frac{k \times (13 - 7 \times k)}{7 - k}. \qquad (3.2.2)$$

Последнее условие представляется особенно важным при анализе ранних стадий формирования систем расселения в пределах создаваемых колоний[51]. Поскольку первые переписи (или аналогичные им мероприятия) достаточно редко учитывают коренное население, а охватывают лишь переселенцев из метрополий, то доля городского населения оказывается крайне высокой. В этой связи мы можем наблюдать некое промежуточное состояние системы: с одной стороны, взаимодействия возникающих колониальных городов между собой (и сельской местностью) уже существуют, то есть потенциально возможно формирование кристаллеровской иерархии; с другой – они еще слишком слабы, чтобы обеспечить построение даже наиболее простых кристаллеровских типов структуры (опорная таблица не выявляет ЦМ даже 2-го уровня иерархии). *Основной характеристикой «нулевого» этапа эволюции (предшествующего тем, которые описаны в Таблице 2.3.1) выступает снижение доли сельского населения по сравнению с первоначальным 100%-м уровнем в пользу немногочисленных городских поселений, пока еще слабо отличающихся друг от друга по людности.* Если при этом мы все-таки построим опорную таблицу, то уже для второго по численности города значение φ как накопленной доли городского населения будет достаточно большим – вполне вероятно, что даже превышающим 50%. В дальнейшем, очевидно, его статистическое значение будет снижаться до определенного уровня, когда начнет удовлетворять неравенству (3.2.2) и инициируется формирование иерархии по Кристаллеру. Далее – по мере эволюции системы в соответствии с Таблицей 2.3.1 – начнется усложнение структуры по мере возрастания φ.

Таким образом, в системах ЦМ происходит волнообразное изменение вклада разных групп городов в изменение доли городского населения, однако чем

---

[51] В этой связи в главе 4 в качестве характерного примера будет рассмотрена Новая Зеландия.

дальше заходит в процессе своей эволюции система, тем меньше оно будет выражено. Причина этого кроется, очевидно, в уменьшении вклада в изменение φ наиболее населенных ЦМ высших уровней иерархии и увеличении (все меньшим в абсолютном выражении) – ЦМ, принадлежащих низшим, только возникающим уровням. Главный вывод из всего вышесказанного состоит в том, что *мы будем наблюдать смену вклада в изменение доли городского населения ЦМ разных уровней иерархии*. При этом, несмотря на то, что для будущих систем ЦМ, которые начинают формироваться по более традиционному пути (когда из совокупности большого числа сельских населенных пунктов начинают выделяться города), «нулевой» этап эволюции в теории не характерен, а повышение уровня урбанизированности происходит одновременно с возникновением 2-го уровня иерархии, для них изменение φ также будет носить характер затухающего колебания.

Однако как именно будет чередоваться вклад ЦМ разных уровней в изменение φ? Напомним, что появление уровней происходит по типу «столбец через две строки»: 1-й уровень – 2-й уровень – подсистема из нескольких уровней при $K = 2$ – 3-й уровень – 4-й уровень – подсистема из нескольких уровней при $K = 3$ – и т.д. В то же время, как было показано, уровень по строке не обязательно будет достраиваться до значения $K = 7$. Обратимся теперь к Таблице 2.3.1, возьмем для рассмотрения закрытую систему[52]:

– на <u>первом этапе</u>, когда появляются первые города (одно ЦМ 1-го и, к примеру, одно ЦМ 2-го уровня: $K_1 = 2$), сельское население закономерно прирастает быстрее, хотя идет также и рост городского;

– на <u>втором этапе</u> при $K = 2$ появляются ЦМ 3-го и 4-го уровней: разумеется, это происходит не единовременно, но и этого достаточно для повышения доли городского населения и снижения – сельского (при возможном сохранении положительных темпов его прироста, но значительно меньших по «объему»);

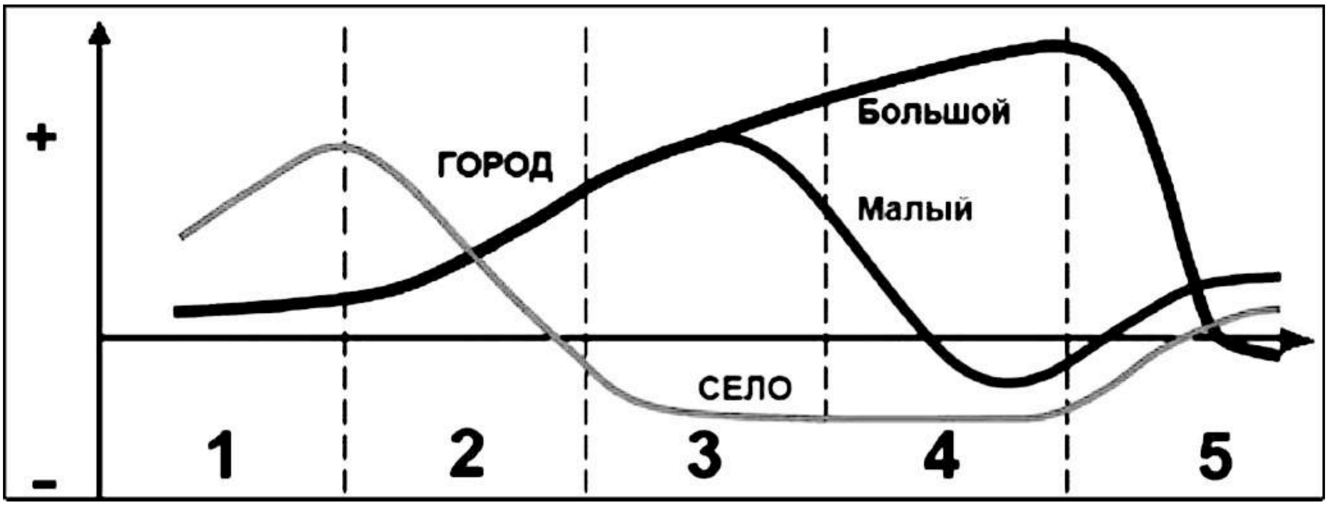
[52] В данном случае мы не рассматриваем системы расселения колоний.

– на третьем этапе при $K = 2$ возникают ЦМ, принадлежащие уровням с 5-го по 7-й, а рост численности населения села может даже прекратиться (вплоть до убыли). Для удобства закрепим за пунктами 2-го, 3-го и 4-го уровней иерархии наименование «больших», а за пунктами 5-го, 6-го и 7-го уровней – «малых». В том случае, если в системе присутствуют семь уровней иерархии, то далее развитие может либо закончиться, либо пойти дальше:

– на четвертом этапе происходит появление городов 2-го, 3-го и 4-го уровней при $K_1 = 3$: доля больших городов растет, малых же снижается до минимума (вплоть до отрицательных значений);

– на пятом этапе появляются ЦМ 5-го, 6-го и 7-го уровней при $K = 3$: малые города растут, интенсивность роста больших же падает – возможно, даже до нулевых или отрицательных значений темпов в том случае, если эволюция системы на этом завершается; вполне вероятно даже некоторое увеличение темпов роста сельского населения.

Графическое изображение соответствующих указанным этапам стадий урбанизации по Джиббсу представлено на Рисунке 3.2.1; их соотношение – в Таблице 3.2.3 (штриховка ячеек соответствует таковой в Таблице 2.3.1).



Рисункок 3.2.1 – Последовательность стадий урбанизации (по Дж. Джиббсу)

Источник: [Трейвиш].

Таблица 3.2.3 – Соответствие стадий урбанизации (по Дж. Джиббсу) и этапов варианта однонаправленной положительной эволюции системы ЦМ в рамках изолированной кристаллеровской решетки

№ стадии / этапа	**Характеристика стадии (по Дж. Джиббсу)**	**Возникающие в изолированной кристаллеровской решетке новые ЦМ – в зависимости от числа уровней (*n*) и механизма их соподчиненности (*K*)**			
		n**K	**1**	**2**	**3**
1	Возникают города, но значения темпов прироста сельского населения равны или превышают таковые для городского населения. Миграция из села в город минимальна	1	$1p_1$	–	–
		2	–	$1p_2$	–
2	Инициируется миграцией из сел в города нескольких «поколений», возникших на стадии 1. Начинается, когда значения темпов прироста городского населения превышают таковые для сельского населения. Появляются довольно крупные города	3	–	$2p_3$	–
		4	–	$4p_4$	–
3	Начинается, когда значения темпов прироста сельского населения становятся отрицательными – под влиянием миграции из сел в города	5	–	$8p_5$	–
		6	–	$16p_6$	–
		7	–	$32p_7$	–
4	Преобладает миграция из малых городов в крупные. Начинается, когда значения темпов прироста населения малых городов становятся отрицательными	2	–	–	$1p_2$
		3	–	–	$4p_3$
		4	–	–	$14p_4$
5	Преобладает миграция из больших городов в малые или в населенные пункты с низкой плотностью населения. В отличие от стадии 1, в основе распределения населения лежит пространственное рассредоточение по месту жительства	5	–	–	$\leq 46p_5$
		6	–	–	$\leq 146p_6$
		7	–	–	$\leq 454p_7$

Источники: [Gibbs, 1963], расчеты автора.

В том случае, если далее за указанными стадиями Джиббса последуют новые циклы (в виде совокупности 4-й и 5-й стадий, то есть роста больших и малых городов), то каждому из них будет соответствовать увеличение значения *К*. При этом далее система может достроить структуру до *К* = 7 и семью уровнями иерархии (не считая сельского) за число шагов от 1 до 4 – подробнее см. Таблицу 2.3.1: *системы ЦМ* для достижения аттрактора в виде равного для всех уровней значения *К проходят в своем развитии минимум один и максимум пять «циклов» Джиббса*.

Теперь несколько изменим условия: будем называть ЦМ 1-го, 2-го и 3-го уровней большими городами, 4-го и 5-го – средними, 6-го и 7-го – малыми. В этом случае:

– на <u>первом этапе</u> появляются большие города, к примеру, при *К* = 2;

– на <u>втором этапе</u> при этом же значении *К* появляются ЦМ 4-го и 5-го уровней;

– на <u>третьем этапе</u> при *К* = 2 возникают ЦМ, принадлежащие уровням с 5-го по 7-й.

Графическое изображение соответствующих указанным этапам стадий в рамках теории дифференциальной убанизации (по Г. Гейеру и Т. Контули) представлено на Рисунке 3.2.2; их соотношение – в Таблице 3.2.4 (штриховка ячеек соответствует таковой в Таблице 2.3.1). Как и в случае с концепцией Джиббса, если далее за указанными стадиями в рамках теории дифференциальной урбанизации последуют новые циклы, то каждому из них будет соответствовать увеличение значения *К*. При этом далее система может достроить структуру до *К* = 7 и семью уровнями иерархии (не считая сельского) за число шагов от 2 до 5 – подробнее см. Таблицу 2.3.1: *системы ЦМ* для достижения аттрактора в виде равного для всех уровней значения *К проходят в своем развитии минимум один и максимум шесть «циклов» дифференциальной урбанизации*. Иными словами, если для стадиальной модели Джиббса и теории дифференциальной урбанизации характерна достаточно строгая последовательность стадий, то эволюция систем ЦМ (см. главу 2) гораздо более вариабельна – по крайней мере в рамках возможности одномоментного не-достраивания каждого уровня до значения *К* =7.

Таблица 3.2.4 – Соответствие стадий в рамках теории дифференциальной урбанизации (по Г. Гейеру и Т. Контули) и этапов варианта однонаправленной положительной эволюции системы ЦМ в рамках изолированной кристаллеровской решетки

<table>
<tr><th rowspan="2">№ стадии / этапа</th><th rowspan="2">Характеристика стадии
(Г. Гейеру и Т. Контули)</th><th colspan="4">Возникающие в изолированной кристаллеровской решетке новые ЦМ – в зависимости от числа уровней (n) и механизма их соподчиненности (K)</th></tr>
<tr><th>n\K</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1</td><td rowspan="3">Рост одного или нескольких первичных центров – возникают крупные города</td><td>1</td><td>$1p_1$</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td>2</td><td>–</td><td>$1p_2$</td><td>–</td></tr>
<tr><td>3</td><td>–</td><td>$2p_3$</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">Рост средних городов – процесс пространственной деконцентрации (поляризационная реверсия)</td><td>4</td><td>–</td><td>$4p_4$</td><td>–</td></tr>
<tr><td>5</td><td>–</td><td>$8p_5$</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">Малые города растут быстрее, чем большие и средние (контрурбанизация). Завершается первый и начинается следующий цикл городского развития</td><td>6</td><td>–</td><td>$16p_6$</td><td>–</td></tr>
<tr><td>7</td><td>–</td><td>$32p_7$</td><td>–</td></tr>
</table>

Источники: [Geyer, Kontuly, 1993], расчеты автора.

Таким образом, хотя ранее исследователями не подчеркивалась и не показывалась генетическая связь между ТЦМ, концепцией стадий урбанизации Дж. Джиббса [Gibbs, 1963] *и теорией дифференциальной урбанизации Г. Гейера и Т. Контули* [Geyer, Kontuly, 1993]*, на самом деле все они имеют общий корень, а две последние вытекают из ТЦМ как ее частный случай.*

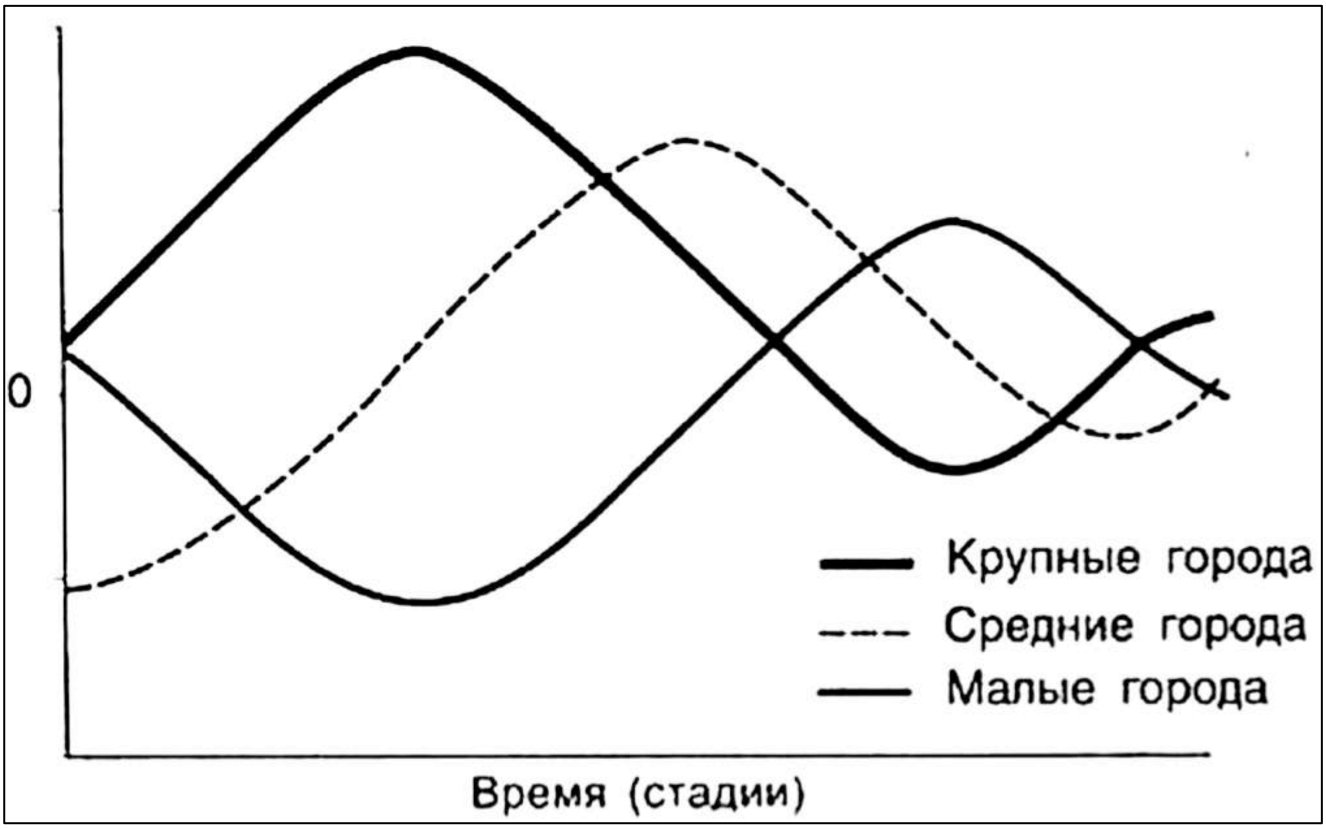


Рисунок 3.2.2 – Последовательность стадий в соответствии с теорией дифференциальной урбанизации (по Г. Гейеру и Т. Контули)
Источник: [Нефедова, Трейвиш, 2005].

3.3. Системы центральных мест: построение пространственной структуры

В последующих главах мы будем выявлять степень устойчивости структуры реальных систем расселения (в сравнении с идеальной решеткой ЦМ) по методике, предложенной В.А. Шупером [Шупер, 1995а]. Этот же параграф будет посвящен выявлению особенностей пространственной структуры систем ЦМ, уже распределенных по уровням иерархии, то есть в конечном счете – расчету эмпирических радиусов R_n^e.

В релятивистской ТЦМ В.А. Шупера он осуществляется следующим образом – при сравнении реальной сети поселений с идеальной (бесконечной!) кристаллеровской решеткой: «Если в идеальной кристаллеровской решетке провести прямые из главного центра через все остальные центральные места до границ шестиугольника – зоны главного центра и выразить расстояние в долях отрезка этой прямой (от главного центра до границы зоны), а затем вычислить средние расстояния для каждого уровня иерархии, то получатся следующие значения: 1,0 – для второго уровня; 0,625 – для третьего; 0,672 – для четвертого и 0,666 – для пятого (при $K = 4$). Затем аналогичная процедура применяется к системе городского расселения с учетом того, что города были предварительно распределены по уровням кристаллеровской иерархии в зависимости от численности их населения. В этом случае также проводятся прямые от главного центра до границ территории, охватываемой данной системой расселения и вычисляются средние расстояния (в долях единицы) от главного центра до центральных мест всех уровней иерархии для каждого уровня в отдельности. Эта последняя величина делится на соответствующий показатель для данного уровня иерархии в идеальной кристаллеровской решетке, в результате чего и получается показатель R_n^e. Если центральные места уровня иерархии … сгущаются вблизи главного центра, то $R_n^e < 1$, если они, наоборот, сдвинуты к периферии – $R_n^e > 1$» [там же, с. 95]. Соглашаясь в общих чертах с этой методикой, мы должны внести в нее коррективы, которые обусловлены рядом обстоятельств.

Первое: поскольку ТЦМ имеет дело не с частями непрерывного континуума расселения, а с изолированными (самостоятельными) системами, то мы не можем в качестве идеала для сравнения использовать участок непрерывной классической кристаллеровской решетки. Это препятствие преодолел А.А. Важенин, предложивший использовать вместо непрерывных решеток изолированные – разные для соответствующих показателей K (Рисунок 3.3.1[53]). Идея, безусловно, очень перспективная, однако она предусматривает анализ структуры систем ЦМ как мгновенной «фотографии» – без учета эволюционных процессов, особенно в рамках смены значений K и изменения конфигурации: главная проблема изолированных решеток – в невозможности перехода между ними и в визуальном, и в содержательном отношении.

[53] Вероятно, его следовало бы дополнить модификацией для случая $K = 2$.

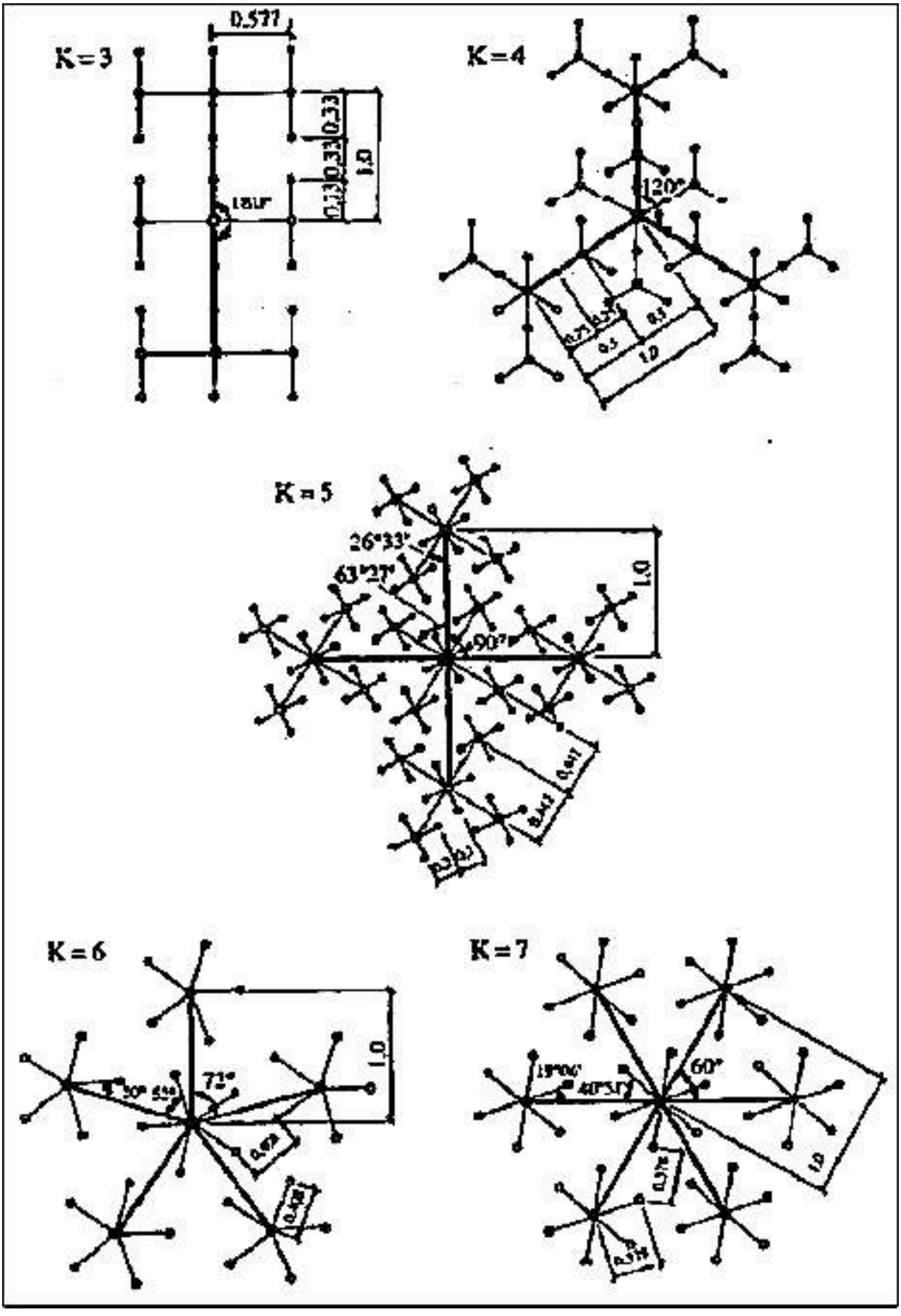


Рисунок 3.3.1 – Модификации систем расселения при разных значениях К

Источник: [Важенин, 1997а].

Так, к примеру, в случае трансформации структуры системы ЦМ от $K = 3$ к $K = 4$ появление нового ЦМ на 2-м уровне иерархии вызывает смещение одного из двух уже существующих ЦМ этого уровня на 60^0 ближе к другому; от $K = 4$ к $K = 5$ – уже двух существующих ЦМ еще на 30^0 к третьему; и т.д.[54] Для иерархии по численности населения это препятствие не играет значительной роли; пространственная же структура решетки гораздо более инерционна.

Разумеется, фиксированные по уровням ЦМ столь резко в пространстве перемещаться не могут: единственный выход из этой ситуации – отказ от принципа «раз и навсегда» для закрепления за каждым возникшим ЦМ уровня его иерархии и выдвижение предположения о смене его в процессе эволюции системы. Поскольку в реальных системах это происходит очень часто, то такое предположение совершенно не выглядит искусственным. Однако тогда мы лишаемся возможности графического изображения структуры самой системы. Если же все-таки идти дальше, то какую из возможных структур, изображенных на рисунке 3.3.1, выбрать в качестве основной[55]?

Учитывая высказанные в главе 1, а также в работах В. Кристаллера, А. Лёша и других наших предшественников замечания, мы предлагаем закрепить за единственным и постоянным графическим изображением структуры решетки то из них, которое представлено на Рисунке 3.3.1 для случая $K = 7$. Таким образом, системы, отвечающие разным значениям K, будут изображаться как части максимально возможной в рамках эволюции. Это предложение представляется нам особенно актуальным в условиях, во-первых, выявленной в главе 3 последовательности появления ЦМ на уровнях иерархии, и, во-вторых, в условиях непостоянства значения K для разных уровней системы.

[54] При этом на следующих уровнях иерархии перестройка должна быть еще более значительной: несмотря на меньшие расстояния, число ЦМ на них – по крайней мере, при одинаковых значениях K для всех уровней – гораздо больше.

[55] Было бы нелишним при этом сохранить в качестве актуальной аксиому ТЦМ о полиморфизме решеток.

Второе: мы определили, что на разных уровнях системы более чем вероятно наличие разного числа ЦМ. То есть сравнивать реальные системы с абсолютно заполненным ($K = 7$) идеалом мы не имеем права: в качестве такового могут выступать только его части, пространственная структура которых обусловлена его иерархической (по численности населения) структурой. Как не трудно заметить, даже усредненные расстояния от ЦМ 1-го уровня до ЦМ 3-го (и любого другого последующего) уровня в случае такого подхода по частям могут быть разными – в зависимости от того, какую именно часть в качестве идеальной решетки мы рассматриваем. Таким образом, нам необходимо установить, существует ли для пространственной решетки направленный процесс ее заполнения ЦМ, аналогичный таковому для иерархической структуры: наверняка, учитывая материалы параграфа 2.1, он должен иметь место. Иными словами, нам необходимо установить последовательность заполнения пустых, фактически заранее предопределенных локусов решетки появляющимися в процессе эволюции ЦМ. Особенно актуальной в этой связи представляется идея Н.Ф. Овчинникова о структуре как инвариантном аспекте системы [Овчинников, 2019].

Поскольку первыми в процессе эволюции появляются ЦМ 2-го уровня (а их может быть и одно, и два, и т.д. – до шести), то важно установить, в какой последовательности они возникают. Примем расстояния от ЦМ 1-го уровня до любого ЦМ 2-го уровня за единицу; также для удобства установим, что система с $K = 7$ на Рисунке 3.3.1 ориентирована по сторонам света[56]. В этом случае второе ЦМ может занять любой локус: пусть в процессе эволюции первым возникает ЦМ, ориентированное на запад, а последующие – в сторону по часовой стрелке. Второе ЦМ потенциально также может занять любой локус на втором уровне; однако будем принимать во внимание тот факт, что на ранних этапах ЦМ 2-го уровня вполне может догнать и перегнать по численности своего населения ЦМ

[56] Здесь очень важно подчеркнуть, что Рисунок 3.3.1 представляет собой НЕ готовую пространственную структуру ЦМ, а локусы – места, в которых будут размещаться возникающие ЦМ.

пока еще 1-го уровня. Таким образом, если новое ЦМ 2-го уровня займет северо-западный локус, то последующая возможная смена ЦМ 1-го уровня никак на системе не отразится: расстояния между всеми ЦМ 1-го и 2-го уровней останутся равными единице, а новым ЦМ 1-го уровня может стать любое из ЦМ 2-го уровня – западное или северо-западное. Любой другой локус на 2-м уровне – северо-восточный, восточный или юго-восточный (юго-западный мы не берем в расчет, поскольку он в своем расположении аналогичен северо-западному) – не будет столь оптимальным, поскольку одно из трех расстояний после смены лидера будет превышать единицу. Возникающее третье ЦМ 2-го уровня иерархии займет северо-восточный (а не восточный или юго-восточный) локус: лишь тогда возможна смена ЦМ 1-го уровня. Однако в этом случае не любое из трех ЦМ 2-го уровня может занять место лидера, а только вполне определенное – северо-западное, поскольку единичные расстояния сохранятся между всеми ЦМ только в этой ситуации. Четвертое ЦМ 2-го уровня займет восточный локус; для пятого и шестого жесткого закрепления локусов нет – оставшиеся будут равнозначными.

Таким образом, мы приходим к двум промежуточным выводам: во-первых, уже на этапе появления ЦМ 2-го уровня проявляется упорядоченность в занятии ими определенных локусов решетки – с целью обеспечения ее максимальной лабильности; во-вторых, по мере роста упорядоченности системы ЦМ (то есть повышения значения К) указанная лабильность снижается, а при достаточно разветвленной структуре (К = 5 и более для двух уровней иерархии, не считая уровня сельских поселений) решетка становится и вовсе стабильной – смена ЦМ своего уровня иерархии перестает быть теоретически возможной. Указанные выводы объясняют высказанное выше предположение о том, что в процессе своей эволюции на 2-м шаге система нередко останавливается, не достигая высоких значений К, и переходит к формированию подсистем для К = 2 при росте числа уровней иерархии.

Для изолированных решеток ценность того или иного локуса на 3-м и последующих уровнях будет отличаться даже в пределах одного уровня (Таблица 3.3.1).

Таблица 3.3.1 – Расстояния от ЦМ 1-го уровня иерархии до ЦМ 2-го и 3-го уровней в изолированной решетке для $K = 7$

Уровень иерархии *данного ЦМ*	Уровень иерархии ЦМ, которому подчинено *данное ЦМ*	Степень близости к ЦМ 1-го уровня иерархии	Расстояние до ЦМ 1-го уровня иерархии, долей единицы
2	1	–	1,000
3	1	–	0,378
3	2	самое близкое	0,655
3	2	близко-среднее	0,756
3	2	средне-близкое	1,000
3	2	средне-дальнее	1,134
3	2	дальне-среднее	1,309
3	2	самое дальнее	1,363

Рассчитано и составлено автором.

Рассмотрим систему с 4-мя уровнями иерархии (не считая уровня сельских поселений) и рассчитаем расстояния от каждого ЦМ 3-го и 4-го уровней до ЦМ 1-го уровня. Для 3-го уровня их значения будут составлять от 0,378 (обслуживаемые ЦМ 1-го уровня) до 1,363 (самые далекие из тех, которые обслуживаются ЦМ 2-го уровня); для 4-го уровня – от 0,143 (обслуживаемые ЦМ 1-го уровня) до 1,491 (наиболее отдаленные из тех, которые обслуживаются самыми далекими ЦМ 3-го уровня, которые, в свою очередь, обслуживаются ЦМ 2-го уровня). При этом для уровней иерархии средние расстояния до ЦМ 1-го уровня при всех заполненных локусах ($K = 7$ для всех уровней иерархии, кроме последнего – сельского) будут составлять: 1,000 – для 2-го уровня; 0,942 – для 3-го; 0,939 – для 4-го. Иными словами, при постоянстве значений K для всех уровней иерархии и полностью сформированной решетке ЦМ каждого последующего уровня располагаются в среднем ближе к ЦМ 1-го уровня, чем таковые на предшествующем им уровне. Это обстоятельство будет крайне важным для нас в дальнейшем, поэтому мы бы хотели обратить на него внимание.

Однако если заполнены не все локусы ($K \neq 7$ для всей системы или хотя бы для одного из ее уровней, начиная с 3-го), то средние расстояния до ЦМ 1-го уровня уже приходится считать в зависимости от того, какие именно из них заняты. И здесь мы подходим к тому моменту, когда необходимо определить, заполнение каких локусов будет для системы наиболее выгодным: потенциально возможны разные варианты, однако если ЦМ конкурируют между собой за пространство, то при своем возникновении они должны располагаться прежде всего там, где расстояние может обеспечить возможность будущего перехода на более высокий уровень иерархии или переподчинения ЦМ более высокого уровня – такие локусы мы будем далее называть *оптимальными*. Иными словами, ЦМ по мере своего возникновения будут прежде всего занимать те локусы, расстояния от которых до ЦМ 1-го уровня равно таковому для локусов, занимаемых ЦМ более высоких уровней иерархии.

Когда мы говорим в работе о лабильности, то имеем в виду именно лабильность решетки, то есть фактически именно пространственной структуры системы. Пространственная структура гораздо более инерционна по сравнению с иерархической, то есть изменения в первой должны успевать за изменениями в последней. Это обеспечивается лабильностью решетки, то есть расположением ЦМ в тех локусах, которые позволяют им при минимальных изменениях людности изменять уровень своей иерархии (или переподчиняться ЦМ более высокого уровня, оставаясь на одном и том же уровне). Максимальная лабильность – это занятие ЦМ только таких оптимальных локусов решетки.

Схема идеальной решетки с 3 уровнями иерархии говорит нам о том, что лишь один локус на 3-м уровне попадает в эту категорию: таким образом, ЦМ 3-го уровня будут занимать по мере своего появления именно его. Если мы построим аналогичную схему для системы с 4 уровнями иерархии, то окажется, что к этому локусу добавятся еще 4 – с той лишь разницей, что они будут давать возможность повышения уровня иерархии не занимающим их ЦМ, а ЦМ 4-го уровня: Рисунок 3.3.2 иллюстрирует именно эту закономерность.

Рисунок 3.3.2 – Конфигурация оптимальных и терминальных локусов в изолированной решетке ЦМ для 4 уровней иерархии (4-й уровень не показан) Оптимальные локусы 3-го уровня показаны пунсонами с черной заливкой внутри, терминальные – крестом внутри пунсона без заливки.

Возникающие в дальнейшем на уже существующем уровне ЦМ вынуждены занимать оставшиеся локусы – мы называем их *терминальными*[57] (на Рисунке 3.3.2 показаны в числе ЦМ 3-го уровня – без заливки и со скрещенными линиями внутри), поскольку перейти с них на более высокий уровень энергетически, то есть популяционно и пространственно, затратно. Сформировавшееся в их пределах ЦМ попадает в энергетическую «ловушку» и, вероятно, очень нескоро сможет существенно увеличить (а в случае стагнации системы – уменьшить) численность своего населения – по крайней мере до тех размеров, которые обеспечат ему возможность перехода на другой уровень иерархии. Энергия понимается здесь в общефизическом смысле как работа, которую необходимо совершить по перераспределению населения между локусами закрытой системы ЦМ с постоянной численностью населения, то есть на определенное расстояние. Иными словами, чтобы терминальный локус стал оптимальным (в пределе – для ЦМ 1-го уровня), нужно совершить гораздо большую работу, чем в случае оптимального локуса – в рамках смены уровня его иерархии.

На самом деле группа терминальных локусов неоднородна: есть более и менее затратные – в зависимости от того, насколько расстояние от них до ЦМ 1-го уровня отличается от такового для ЦМ более высокого уровня иерархии. Общее число локусов не так и мало: на 2-м, 3-м и 4-м уровнях иерархии[58] максимально возможное их количество – 57. При этом 38 из них – «двойники» по расстоянию.

---

[57] Занятие ЦМ терминального локуса надолго оставляет его там: для того, чтобы повысить уровень своей иерархии, ему необходимо изменить свою людность на гораздо бо́льшую величину, чем ЦМ, расположенному в оптимальном локусе. Это случается редко, поэтому терминальный локус (в переводе с латыни «terminalis» – «конечный, концевой») становится для ЦМ в какой-то степени последним.

[58] Здесь мы считаем, что система остановилась в своем развитии именно по достижении четырех уровней иерархии. На самом деле это далеко не всегда так, и единственный терминальный локус на 2-м уровне иерархии может оказаться оптимальным для ЦМ 5-го, 6-го или еще более низкого уровня. Для сохранения наглядности мы будем рассматривать лишь ЦМ, располагающиеся на уровнях с 1-го по 4-й.

Иными словами, ровно два из каждых трех локусов – оптимальные, один из каждых трех – терминальный. Продолжая подкреплять выдвинутую ранее идею о прерывании системой своего развития в отношении увеличения числа ЦМ на каждом уровне иерархии, мы приходим к выводу о ее обоснованности и следующему перечню *правил заполнения ЦМ локусов в идеальной решетке:*

1) формирование пространственной структуры происходит в той же последовательности, в какой ЦМ распределяются по уровням иерархии в зависимости от численности их населения (см. предыдущий параграф);

2) внутри одного уровня в первую очередь будут заполняться оптимальные локусы, позволяющие возникающему ЦМ в будущем повысить свой статус, перейдя на более высокий уровень иерархии при сохранении расстояния от него до ЦМ 1-го уровня, или переподчиниться ЦМ более высокого уровня. При этом, учитывая необходимость минимальных изменений в доле всех ЦМ во всем населении системы, лучшей позицией будет считаться таковая на непосредственно предшествующем уровне иерархии – с минимальным расстоянием до ЦМ 1-го уровня. Во вторую очередь будут заполняться локусы, которые позволят повысить уровень своей иерархии пока еще не существующим, но потенциально возможным в отношении своего возникновения ЦМ. Пока не будут заполнены все оптимальные локусы, терминальные не заполняются;

3) ЦМ *n*-го уровня возникают на каждом этапе сначала у ЦМ 1-го, затем – 2-го и т.д. уровней. Заполнение локусов возникающими ЦМ (*n*+1)-го уровня, принадлежащими ЦМ *n*-го уровня, происходит в той же последовательности, в какой происходило появление ЦМ *n*-го уровня;

4) в том случае, если все оптимальные локусы уже заполнены, а система продолжает свою эволюцию, терминальные локусы заполняются в последовательности, которая может обеспечить потенциальную (пусть и небольшую) возможность повышения ЦМ иерархического уровня с минимальными потерями: в общем случае – чем больше расстояние между терминальным локусом и ЦМ 1-го уровня, тем позже такой терминальный локус будет заполнен.

Иллюстрация пространственной структуры решетки, ЦМ которой были предварительно распределены по численности населения в рамках опорной Таблицы 3.2.2, будет выглядеть следующим образом (число иерархических уровней, не считая сельского, принимаем равным трем) – Рисунок 3.3.3. Идеальные средние расстояния при этом будут составлять: для второго уровня иерархии – $(1{,}000 + 1{,}000)/2 = 1{,}000$; для третьего – $(0{,}378{\times}2 + 1{,}000{\times}2 + 0{,}655{\times}2)/6 = 0{,}678$.

<ins>Третье</ins>: при расчете средних расстояний в реальной решетке по изложенной в начале этого параграфа методике В.А. Шупера линии проводятся от ЦМ 1-го уровня до границ системы по причине того, что в соответствующей идеальной решетке (представляющей собой часть континуума расселения) наиболее отдаленные ЦМ 2-го уровня располагаются как раз на границе зоны решетки – по крайней мере, дальше ЦМ всех остальных уровней. Как мы установили ранее, в изолированных идеальных решетках это правило соблюдается, поэтому и в соответствующих им реальных системах по предлагаемой нами методике расстояния от ЦМ 1-го уровня до ЦМ всех остальных уровней будут выражаться в частях расстояний не до границ решетки, а до расположенных в среднем дальше всего ЦМ 2-го уровня иерархии.

Представим, что для ЦМ из опорной Таблицы 3.2.2 реальные расстояния по прямой от ЦМ 1-го уровня до ЦМ всех остальных уровней составляют: 2-го – 100 и 80 км, 3-го – 30, 50, 70, 90, 110 и 130 км. Тогда средние реальные расстояния для уровней составят: для 2-го – 90 км, для 3-го – 80 км; отнесенные же к среднему расстоянию от ЦМ 1-го уровня до ЦМ 2-го уровня: для 2-го – 1,000; для 3-го – 0,889 долей единицы. Теперь разделим соответствующие эмпирические средние относительные расстояния на теоретические и получим значения эмпирических радиусов: $R_2^e = 1{,}000/1{,}000 = 1{,}000$ и $R_3^e = 0{,}889/0{,}678 = 1{,}311$.

Тогда уравнение изостатического равновесия для этой системы будет иметь вид (с учетом рассчитанных в предыдущем параграфе теоретических радиусов):

$$\frac{R_2^t}{R_2^e} + \frac{R_3^t}{R_3^e} = \frac{1{,}157}{1{,}000} + \frac{1{,}149}{1{,}311} = 2{,}033$$

Рисунок 3.3.3 – Пространственная структура идеальной решетки для системы расселения с 3 уровнями иерархии (не считая сельского) и $K_1 = K_2 = 3$

Составлено автором.

В теории, поскольку в системе имеются 4 уровня иерархии (1-й, 2-й, 3-й и уровень сельских поселений), показатель изостатического равновесия должен быть равен 4 – 2 = 2; расчетное же его значение лишь незначительно превышает теоретическое. Это говорит о достаточно высокой степени устойчивости системы к внешним и внутренним воздействиям; а также о том, что в данном состоянии система может находиться достаточно долго, не усложняя свою структуру в соответствии с выявленной в главе 2 последовательностью.

***

Подводя итоги данной главы, мы можем заключить, что формирование кристаллеровской иерархии возможно на самых ранних этапах развития системы ЦМ, минуя стадию распределения по Зипфу. Построение первой в «энергетическом» отношении для системы является более предпочтительным по сравнению с построением второй, в связи с чем маловероятен процесс перехода от системы, построенной по Зипфу, к системе, построенной по Кристаллеру. При этом с ростом доли городского населения соответствие реального рангового распределения городов идеальному (по Зипфу) уменьшается. Таким образом, вряд ли правомерно говорить о существовании соответствующего «критического периода пространственной эволюции систем центральных мест» – одного из четырех таковых, выделенных в [Валесян, 1995, с. 111]. В методологическом отношении распределения по Зипфу и по Кристаллеру – своего рода две «несмешиваемые жидкости»: если первое основано на вероятностных процессах, то второе – на неслучайных, даже детерминированных.

Иерархия по численности населения в системе ЦМ для каждого момента времени существует только одна, то есть она может быть установлена, а не выстроена! ТЦМ сама по себе позволяет исследователю распределить ЦМ по уровням иерархии только лишь с опорой на численность их населения. Для этого не требуется привлечение механизма анализа центральных функций или каких-либо иных конструктов[59]: хотя ранее исследователями не подчеркивалась и не показывалась внутренняя естественная связь между ТЦМ, концепцией стадий урбанизации Дж. Джиббса и теорией дифференциальной урбанизации Г. Гейера и Т. Контули, на самом деле все они имеют общий корень, а две последние вытекают из ТЦМ как ее частный случай.

Уже на этапе появления ЦМ 2-го уровня проявляется упорядоченность в занятии ими определенных локусов решетки – с целью обеспечения ее максимальной лабильности. По мере роста упорядоченности системы ЦМ (то есть повышения значения K) указанная лабильность снижается, а при достаточно разветвленной структуре ($K = 5$ и более для двух уровней иерархии, не считая уровня сельских поселений) решетка становится и вовсе стабильной – смена ЦМ своего уровня иерархии перестает быть теоретически возможной.

Вывод о необходимости обеспечения максимальной лабильности решетки в процессе ее построения представляет собой следствие (и в определенной степени аналог) более общего физического и, вероятно, общенаучного принципа минимума потенциальной энергии, в соответствии с которым структура должна переходить в состояние, которое минимизирует общую потенциальную энергию системы. Применительно к ТЦМ принцип минимума энергии[60] системы означает, что на каждом этапе эволюции системы ЦМ последние будут размещаться в тех локусах решетки, которые, с одной стороны, обеспечивают ее устойчивую структуру, с другой – позволяют ЦМ изменять ранг своей иерархии с минимумом энергетических затрат всей системы в целом.

При этом локусы разделяются на оптимальные и терминальные: ЦМ при первом их появлении в силу действия указанного выше принципа будут занимать сначала именно оптимальные локусы; размещение же в терминальных локусах

[59] В этой связи трудно согласиться с точкой зрения В.В. Покшишевского о том, что «Кристаллер и его последователи выводят функции населенных мест … из “степени центральности”» [Покшишевский, 1971].

[60] Указанный принцип вполне успешно применяется в рамках географических исследований – см., к примеру, [Литовский, 2020].

ведет к увеличению потенциальной энергии системы. Здесь мы подходим к *принципу локальной предопределенности*: в любой момент времени система центральных мест может иметь оптимальную локально предопределенную (популяционную и пространственную) структуру, не обязательно совпадающую с таковой в глобальном (общетеоретическом) отношении. Этот принцип находится в прямом соотношении с принципом минимума потенциальной энергии, поскольку для большинства сложных систем существует один глобальный минимум потенциальной энергии и несколько локальных (в рамках которых состояние системы характеризуется как метастабильное). Пребывание в локальном минимуме может осуществляться достаточно долго, в пределе – даже бесконечно долго[61].

Иными словами, устойчивой/равновесной может быть любая система расселения – она лишь должна соответствовать теоретическому оптимуму показателя изостатического равновесия для совокупности взаимодействующих разнопараметрических уровней, а не для равнопараметрической решетки в целом. Таким образом, мы склонны считать направления эволюции систем ЦМ предопределенными – по крайней мере в том отношении, «что развитием сети поселений руководит … закон изменения основных ее параметров» [Гольц, 1974, с. 52]. Проводя параллели с теорией самоорганизации, именно в этом отношении необходимо рассматривать высказывание А.Д. Арманда: «Эзотерическая философия утверждает, что совпадение благоприятных случаев – создание нашего воображения, результат неспособности увидеть глубокие причины, связывающие все эти явления в единую систему. Христианская теология исповедует идею Провидения, которое наблюдает за земными событиями, вмешивается в их ход, оберегает и корректирует в нужном направлении.

[61] Стабильным будет такое состояние системы, при котором достигнут аттрактор и отсутствует перераспределение населения – в реальных системах такая ситуация имеет место сравнительно редко. В то же время такое перераспределение может быть небольшим – ровно таким, что никакое ЦМ не исчезает и не появляется. То есть возмущения настолько малы, что новый шаг в своей эволюции система не делает – это и есть метастабильное состояние.

Ведическая философия скорее склоняется к идее о невозможности нарушить ход событий, заданный законами Природы. Но сами законы предписывают путь к изначально заданной цели» [Арманд, 2001, с. 15]. Разумеется, нельзя отрицать фундаментальность случайности как одного из важнейших свойств Вселенной, однако в нашей работе ее действие допускается не на всех этапах эволюции систем ЦМ (подробнее см. Заключение).

ГЛАВА 4. КОНТИНУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕСТ

Среди процессов развития мы, вслед за [Развитие], выделяем две «взаимосвязанные друг с другом формы: эволюцию и революцию». При этом под эволюцией, или континуальным развитием системы ЦМ понимается монотонное изменение функции уровня урбанизированности (уравнение 2.3.6) с минимальным приращением, соответствующее логической последовательности появления или исчезновения новых ЦМ в системе (таблицы 2.3.1 и 2.3.2). В параграфах 4.1 и 4.2 соответственно будет рассмотрена положительная эволюция – появление ЦМ на ее ранних (на примере Новой Зеландии), а также средних и поздних (на примере Эстонии) этапах. Параграф 4.3 будет посвящен отрицательной эволюции – процессу исчезновения ЦМ с рассматриваемых уровней иерархии (на примере российского Дальнего Востока).

Новая Зеландия представляет собой уникальный объект для исследователя: 1) она в значительной степени изолирована от крупных по площади территорий, эволюция систем расселения которых могла бы повлиять на ход соответствующих процессов в ее системе расселения; 2) размер характерного пространства системы ЦМ Новой Зеландии полностью укладывается в установленные рамки [Шупер, 2014b], чего нельзя с полной уверенностью сказать, к примеру, о пространстве соответствующей системы США даже на ранних этапах ее развития; 3) статистическая база по людности поселений ведется в Новой Зеландии практически со времени их появления – в рамках регулярных переписей населения и текущего учета: иными словами, в нашем распоряжении имеется фактически непрерывный ряд соответствующих данных более чем за 175 лет. Эти основания определяют выбор Новой Зеландии как полигона исследования эволюционных процессов в системе ЦМ, начиная со времени ее зарождения: иной пример вряд ли удастся найти[62].

[62] Австралия не может быть взята в качестве объекта для изучения: площадь ее слишком велика, в связи с чем в ее пределах вполне возможно формирование нескольких систем ЦМ.

Пример Эстонии представляется нам заслуживающим внимания по нескольким причинам. Во-первых, он достаточно подробно рассматривался нашими предшественниками (см., например, [Шупер, 1995а; Валесян, 1995]), в связи с чем будет интересно сравнить наши результаты с полученными ранее. Во-вторых, система расселения Эстонии обладает рядом преимуществ (описанных в приведенных выше работах), которые делают ее почти идеальным примером для анализа. Наконец, в-третьих, в интересующий нас период с 1989 г. по настоящее время система расселения Эстонии претерпела изменения в результате выхода республики из состава СССР в 1991 г., а также административно-территориальной реформы 2017 г. Статистические сведения взяты нами из материалов переписей населения СССР (1989 г.) и Эстонии (2000 и 2011 гг.), а также текущего учета (по состоянию на 1 января 2021 г.).

Изначально в нашей работе мы планировали рассмотреть лишь положительную эволюцию систем ЦМ. В то же время, опираясь на замечание коллег в рамках одного из наших докладов, мы решили включить в нее рассмотрение отрицательной поступательной эволюции не только в рамках теоретических разработок (см. главу 2), но и в качестве конкретного примера. На наш взгляд, не только интересно, но и полезно рассмотреть российский «опыт» развития систем ЦМ: мы не питаем надежд, что наши изыскания могут быть взяты на вооружения исследователями-практиками или же представителями органов государственной власти, однако же для ученых и студентов-географов, на наш взгляд, могут представлять определенный интерес.

4.1. Положительная эволюция на ранних этапах: пример Новой Зеландии

Первые европейские поселенцы, разумеется, появились на территории Новой Зеландии существенно раньше конца 1830-х годов, однако именно к 1842 г. – первому полному году существования Новой Зеландии как отдельной от Нового Южного Уэльса колонии – относятся первые сведения по основанным в 1839–1841 гг. Веллингтону, Окленду, Нельсону и др. городам. Первая перепись населения Новой Зеландии была проведена в 1851 г.[63], однако она не включала маори – коренных жителей Новой Зеландии. Лишь при проведении переписи 1858 г. маори впервые были учтены. Учитывая это, в период с 1842 по 1857 гг. (фактически – по 1860 г.) доля городского населения колонии статистически была очень высокой – более 99%, поскольку европейские поселенцы оседали преимущественно в основанных ими городах [Statistics of New Zealand …]. В этой связи для указанного периода и далее нами проводилась корректировка значений суммарной численности населения Новой Зеландии с учетом оценочных и уточненных данных по маори [Briggs, 2003; New Zealand Long Term …].

В параграфе 3.1 были приведены гипотезы наших предшественников: 1) о начальном соответствии систем расселения правилу Зипфа и о постепенном формировании в дальнейшем «в этих системах иерархической структуры, приводящем к ухудшению соответствия правилу “ранг–размер” и улучшению соответствия предсказаниям теории центральных мест» [Шупер, 2014b, с. 43]; 2) о повышении соответствия правилу Зипфа для городов по мере роста доли городского населения до 50% [Важенин, 1999]. Попытаемся эмпирически проверить эти гипотезы на примере Новой Зеландии – для этого нанесем на график соответствующие показатели, используя данные переписей населения 1851–1911 гг., а также текущего учета за 1842 г. (Рисунок 4.1.1):

1) значения доли городского населения: предполагалось, что в 1842 и 1851 гг. все маори являлись сельскими жителями;

2) значения *K* для ЦМ 1-го уровня иерархии в рамках построенных для каждого рассматриваемого года опорных таблиц (для проверки соответствия распределению по Кристаллеру).

3) показатель расхождения идеального (по Зипфу) и реального рангового распределения городов – см. формулу (3.1.10)[64].

[63] В дальнейшем переписи населения проводились с интервалом примерно в 3 года; после переписи 1881 г. – каждые 5 лет, за исключением 1931 г., 1941 г. и 2011 г.

[64] В общем случае для рассмотрения брались города, имеющие ранг со 2-го по 11-й (или меньшее их число, если во всей совокупности их насчитывается меньше десятка).

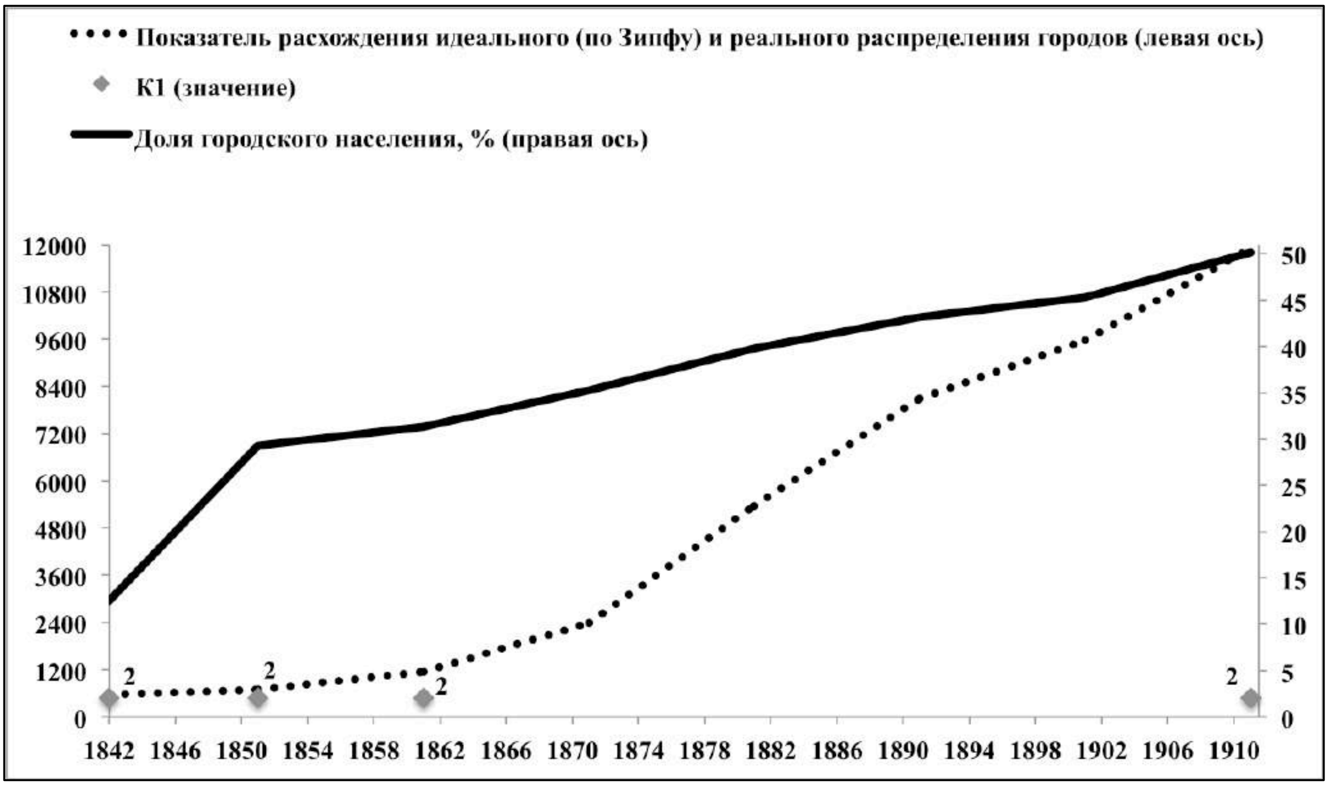


Рисунок 4.1.1 – Изменение значений доли городского населения, а также показателей, отражающих соответствие системы расселения Новой Зеландии в 1842–1911 гг. распределению Зипфа и Кристаллера

Рассчитано и составлено автором по: [Statistics of New Zealand …; Census Results … 1861; Results of a Census … 1871; 1911; Census of New Zealand … 1881; Report on Results … 1891; 1901].

Сначала обратим внимание на ход линии доли городского населения: за 70 первых лет – к 1911 г. – система достигла 50%-го уровня урбанизированности по сравнению с 12,5% в начальный момент. Таким образом, Рисунок 4.1.1 позволяет нам проверить обе указанные выше гипотезы. Начнем с проверки соответствия системы правилу Зипфа. Как видно из графика показателя расхождения, в наилучшей степени распределение городов Новой Зеландии соответствует зипфовскому на первом этапе своего развития – в первые несколько лет с момента основания поселений. Если говорить о соответствии вообще уместно: значение расчетного показателя достаточно велико. При этом с ростом доли городского населения происходит еще более стремительный рост расчетного показателя для правила Зипфа. Иными словами, распределение городов по людности все более удаляется от зипфовского. Таким образом, пример Новой Зеландии показывает, что, *начиная с первых лет своего существования, системы расселения крайне незначительно соответствуют правилу Зипфа; с ростом уровня урбанизированности и без того весьма незначительное соответствие все более ухудшается*. Далее перейдем к проверке гипотезы о соответствии распределения городов по уровням иерархии кристаллеровскому. Обратимся к фрагментам опорных таблиц на 1842, 1851 и 1861 гг. (Таблица 4.1.1): система начинает выстраиваться по Кристаллеру – соответствующее значение $K_{рассч.}$ напротив одного ЦМ 2-го уровня иерархии принадлежит интервалу (0; 7]. Также одним ЦМ представлен и 3-й уровень кристаллеровской иерархии.

Несмотря на то, что в пространственном отношении разницы между структурой идеальной системы по состоянию на разные годы рассматриваемого периода нет, состав первой тройки городов по людности изменялся – более того, изменялся лидер: если первоначально им был Веллингтон, то затем – Окленд. Выясним, какой из этих вариантов наиболее предпочтителен: ответ на этот вопрос аналогичен ответу на вопрос о том, сколь устойчива каждая из трех структур рассматриваемого периода. Пространственная структура соответствующей идеальной системы выглядит следующим образом (Рисунок 4.1.2).

Рассчитаем соответствующие значения теоретических и эмпирических радиусов, а также показателей изостатического равновесия (Таблица 4.1.2). Очевидно, наиболее устойчива структура 1851 г., когда разница между расчетным и идеальным значениями показателя изостатического равновесия минимальна. При этом двумя первыми городами по численности населения будут Окленд и Веллингтон (именно в такой последовательности – это обстоятельство будет весьма важным для последующих рассуждений). Вероятно, структура по Кристаллеру продолжила бы складываться и далее, если бы в Новой Зеландии не наступила «золотая лихорадка»: обнаружение на (ныне) Южном острове вблизи Данидина месторождение привело к масштабной иммиграции и выходу города в лидеры списка наиболее населенных мест.

Таблица 4.1.1 – Фрагменты опорных таблиц для формирующейся системы ЦМ Новой Зеландии, 1842–1861 гг.

1842 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*87.891*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Веллингтон	3.801					
Окленд	2.895	6.696	0,076	0,043	4,735	
Нельсон	2.500	9.196	0,105	0,043	-1,935	3,365
Нью-Плимут	8.95	10.091	0,115	0,043	-1,268	28,901
Рассел	3.80	10.471	0,119	0,043	-1,104	-12,703
1851 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*91.073*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Окленд	8.761					
Веллингтон	5.737	14.498	0,159	0,096	3,377	
Нельсон	4.287	18.785	0,206	0,096	-3,302	2,258
Крайстчерч	2.832	21.617	0,237	0,096	-1,353	27,015
Данидин	1.776	23.393	0,257	0,096	-0,970	-4,259
1861 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*153.321*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Окленд	7.989					
Данидин	6.523	14.512	0,095	0,052	6,890	
Веллингтон	4.176	18.688	0,122	0,052	-2,244	2,295
Нельсон	3.734	22.422	0,146	0,052	-0,994	-10,072
Крайстчерч	3.205	25.627	0,167	0,052	-0,661	-1,714

Рассчитано и составлено автором по: [Briggs, 2003; Statistics of New Zealand …; Census Results … 1861; New Zealand Long Term …].

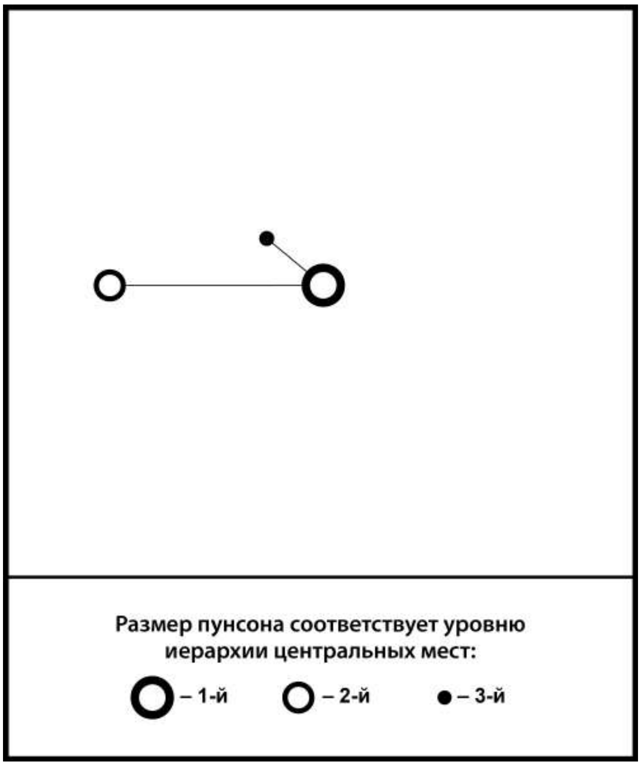


Рисунок 4.1.2 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Новой Зеландии в 1842–1861 гг.
Составлено автором.

Таблица 4.1.2 – Характеристики системы ЦМ Новой Зеландии в период 1842–1861 гг.

Год	2й уровень иерархии		3й уровень иерархии		Показатель изостатического равновесия	
	R_2^t	R_2^e	R_3^t	R_3^e	Расчетный	Идеальный
1842	1,558	1,000	2,048	0,668	4,623	2,000
1851	1,379	1,000	1,601	2,724	1,967	2,000
1861	1,678	1,000	1,641	1,227	3,015	2,000

Рассчитано и составлено автором по: (см. источники к Таблице 4.1.1).

Это обстоятельство инициировало перестройку популяционной структуры системы ЦМ, которая, строго говоря, перестала быть системой: даже 2-й уровень иерархии был не сформирован из-за того, что система не удовлетворяла необходимому условию – неравенству (3.2.2). Лидерство Данидина продлилось всего около 20 лет: уже к 1891 г. Окленд вернул себе первое место в списке наиболее многолюдных городов, однако потребовалось еще 20 лет – до переписи населения 1911 г., чтобы вновь сформировалась кристаллеровская иерархия. Возникшая при этом пространственная структура решетки ЦМ была полностью аналогична той, что появилась в 1840-х годах. В дальнейшем она лишь усложнялась – посмотрим, как это происходило (Рисунок 4.1.3):

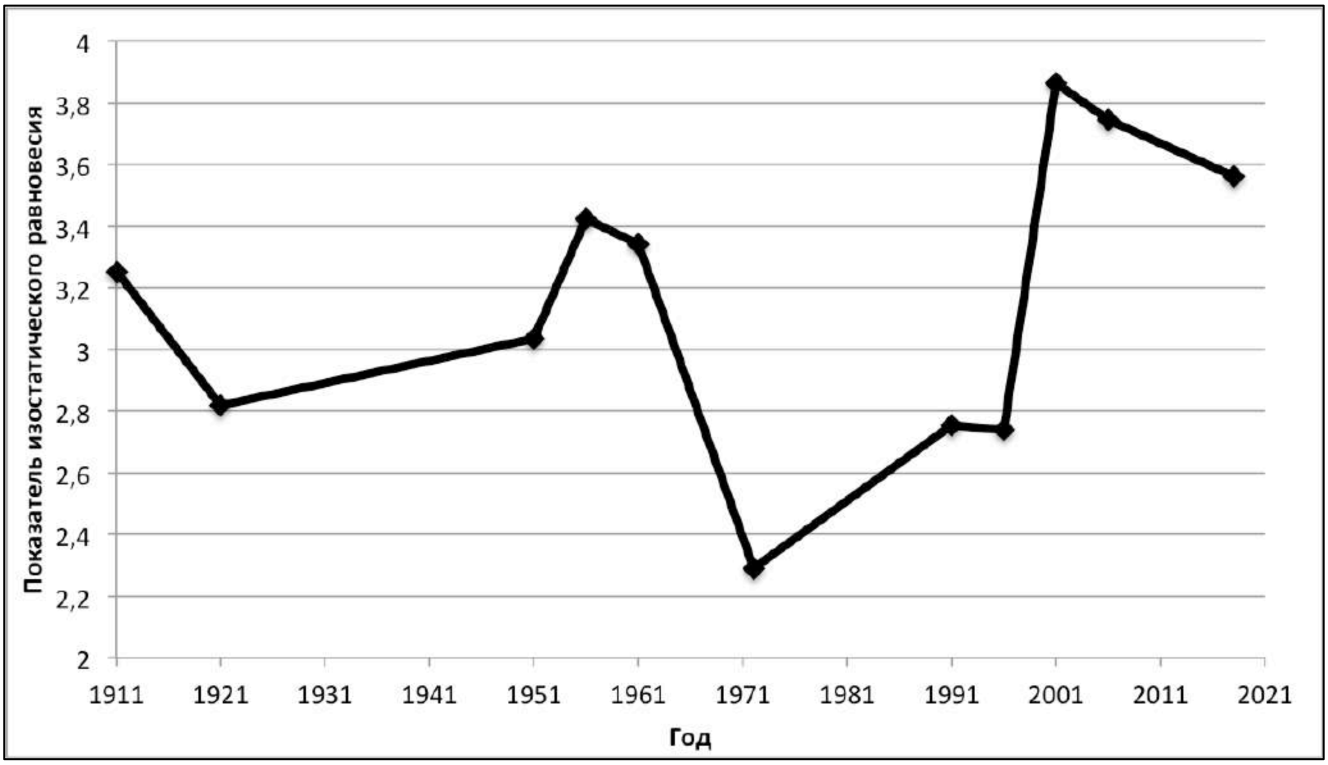


Рисунок 4.1.3 – Изменение значений показателя изостатического равновесия в системе ЦМ Новой Зеландии в 1911–2018 гг.

Рассчитано и составлено автором по [Briggs, 2003; New Zealand Long Term …; Results of a Census … 1911; The New Zealand … 1921–22; The New Zealand … 1951–52; The New Zealand … 1957; The New Zealand … 1962; New Zealand … 1972; New Zealand … 1992; New Zealand … 1997; New Zealand … 2002; New Zealand … 2008; Subnational Population … 2019].

А.Л. Валесяном была высказана мысль о стремлении систем ЦМ к состоянию изостатического равновесия и – по достижении, для зрелых систем – колебательном характере движения вокруг него в некоем доверительном интервале. Из Рисунка 4.1.3 следует, что молодые системы ЦМ, во-первых, слишком нестабильны: изменения в структуре (появление новых ЦМ, изменение уровня иерархии существующих и т.п.) происходят сравнительно часто, что неизменно вызывает резкие изменения значения показателя изостатического равновесия. Во-вторых, эти изменения действительно носят характер колебаний с разной амплитудой. Выделяются три типа изменений:

1) *повышательная, инициирующая фаза колебания*, приводящая к резкому увеличению значения показателя изостатического равновесия – выше значения, предусмотренного для выделенного числа уровней иерархии. В случае Новой Зеландии мы видим три повышательных фазы (пика) существенного превышения положенного теорией значения, равного 3: первая – связанная с формированием самой структуры в 1911 г. и распределением ЦМ по 4 уровням иерархии по типу «1–1–1–1»; вторая – с переходом структуры к типу «1–1–2–4» в 1956 г.; третья – к типу «1–2–5–8» в 2001 г. Как следует из приведенных типов структур для Новой Зеландии, резкое повышение значения показателя изостатического равновесия происходит при заполнении каждого последующего (верхнего) уровня иерархии. Разумеется, в рамках эволюции каждый уровень может заполняться не сразу, а постепенно – в этой связи дозаполнение предыдущего (нижнего) уровня приводит к следующему типу изменений:

2) *понижательная, компенсирующая фаза колебания*, которая, наоборот, вызывает снижение (порой, достаточно резкое) значения показателя изостатического равновесия. В случае Новой Зеландии к их числу относятся события 1921 г. – с появлением структуры типа «1–1–1–2»; 1972 г. – типа «1–1–2–5», 1996 г. – типа «1–1–2–6», 2018 г. – типа «1–2–5–9». Вероятно, понижательная фаза связана именно с дозаполнением условно последнего выделяемого уровня иерархии, а не более высоких;

3) *направляющая фаза колебания* может приводить как к повышению, так и к понижению значения показателя изостатического равновесия – в зависимости от того, каким оно было на предшествующей фазе. Однако такая фаза всегда «направляет» развитие системы ЦМ к тому значению показателя, которое должно

характеризовать эту систему в идеальном случае (для Новой Зеландии – к 3). На Рисунке 4.1.3 такой тип изменения представлен событиями 1951 и 1991 гг., направляющими текущее значение показателя изостатического равновесия к идеалу снизу; а также 1961 и 2006 гг. – направляющими его сверху.

Возникшую пространственную структуру идеальной решетки, с которой сравнивается реальная структура при расчете показателя изостатического равновесия, иллюстрируют Рисунки 4.1.2 (для периода 1842–1861 и 1911–1955 гг.) и 4.1.4 (для периодов 1956–2000 гг. и с 2001 г. по настоящее время), а также фрагменты опорных таблиц (Таблица 4.1.3).

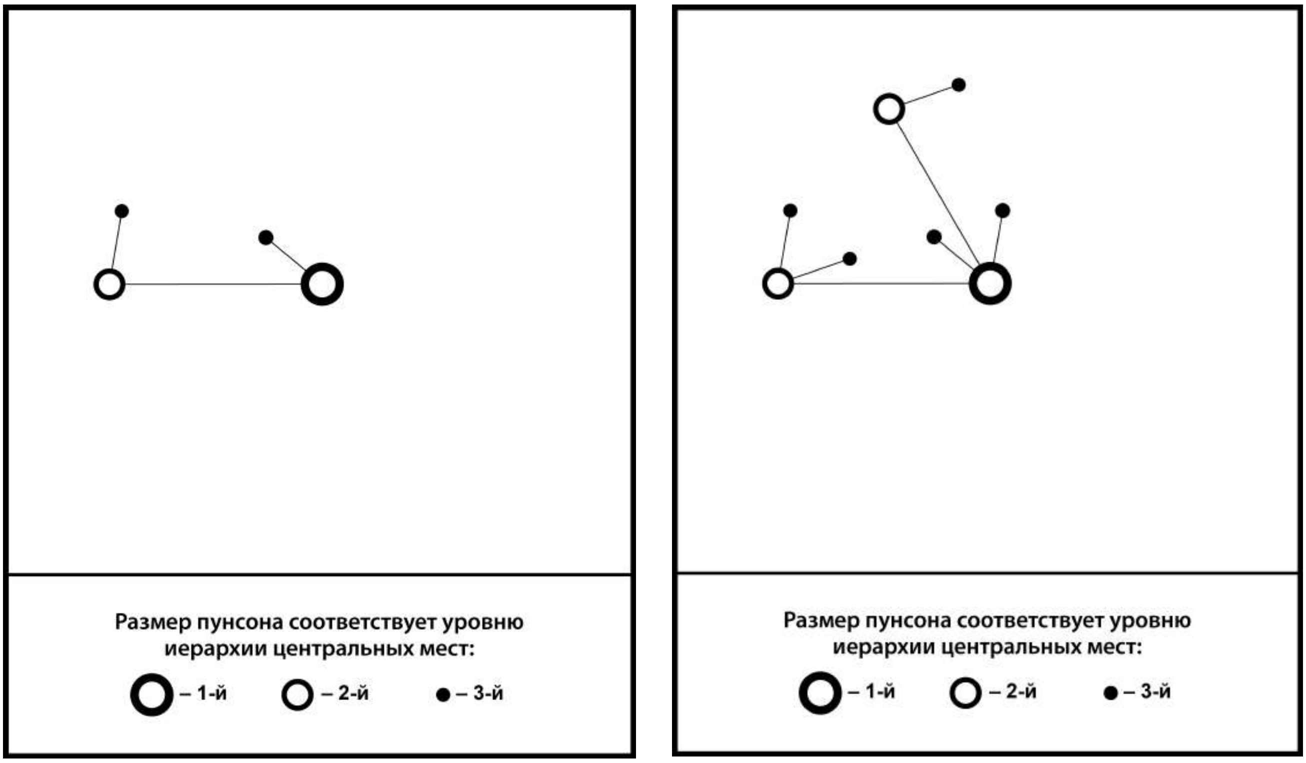


Рисунок 4.1.4 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Новой Зеландии в 1956–2000 (слева) и с 2001 гг. (справа) для трех уровней иерархии

Составлено автором.

Обращаясь к Рисунку 4.1.3, мы можем заключить, что структура системы ЦМ Новой Зеландии не обладает высокой степенью стабильности: значение показателя изостатического равновесия почти всегда существенно выше или ниже 3. Это вполне ожидаемо для молодых систем, которые только начинают развиваться. О системах более зрелых и даже старых мы поговорим в следующих параграфах этой и следующей глав.

Таблица 4.1.3 – Фрагменты опорных таблиц для формирующейся системы ЦМ Новой Зеландии, 1956 и 2001 гг.*

1956 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*2.209.132*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Окленд	381.063					
Крайстчерч	193.367	574.430	0,260	0,172	2,312	
Веллингтон	138.297	712.727	0,323	0,172	-15,804	1,797
Данидин	99.370	812.097	0,368	0,172	-2,083	5,439
2001 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*3.737.277*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Окленд	1.074.513					
Веллингтон	339.750	1.414.263	0,378	0,288	1,568	
Крайстчерч	334.107	1.748.370	0,468	0,288	6,235	
Гамильтон	166.128	1.914.498	0,512	0,288	-7,043	1,292
Данидин	107.088	2.021.586	0,541	0,288	-2,718	1,652
Тауранга	95.697	2.117.283	0,567	0,288	-1,680	2,295
Палмерстон-Норт	72.681	2.189.964	0,586	0,288	-1,272	3,416
Хейстингс	59.142	2.249.106	0,602	0,288	-1,046	6,018

*Полностью представлены уровни иерархии с 1-го по 3-й.

Рассчитано и составлено автором по: (см. источники к Рисунку 4.1.3).

Сейчас же мы бы хотели вернуться к самому началу развития системы Новой Зеландии – 1851 г., когда иерархию городов возглавляли Окленд и

Веллингтон, а показатель изостатического равновесия был весьма близок к своему идеальному значению. При этом почти во все годы в рамках первого и третьего колебаний (условно – первая половина XX в. и начало XXI в.) именно Окленд и Веллингтон также были наиболее населенными ЦМ. Весьма интересное совпадение…

В качестве одной из задач наших будущих исследований, которые напрямую не затронуты в настоящей работе, мы видим изучение совместно с коллегами–представителями других областей науки *«памяти» систем ЦМ, то есть – в конечном счете – степени их зависимости от прошлого* (в терминологии С.П. Курдюмова [Курдюмов]). В следующей главе мы кратко затронем этот вопрос, однако применительно лишь к идеальным, а не реальным системам ЦМ.

Таким образом, на примере Новой Зеландии нам удалось эмпирически подтвердить теоретические выкладки главы 3: иерархия по Кристаллеру может начать формироваться буквально с первых лет существования системы расселения, в то время как возможное соответствие зипфовскому распределению лишь ухудшается по мере развития системы ЦМ. Смена лидера системы по численности населения происходит преимущественно на самых ранних этапах развития системы ЦМ. При этом возникавшая до этого структура может подвергнуться значительным изменениям, для восстановления потребуется время. Вполне вероятно, что системы ЦМ характеризуются наличием «памяти» как зависимости от прошлых состояний: система запоминает оптимальные варианты иерархии как характеристики аттракторных «состояний» и стремится повторить их в случае нарушения и последующего восстановления.

4.2. Положительная эволюция на средних и поздних этапах: пример Эстонии

В [Валесян, 1995] подчеркивается, что в случае Эстонии «выбран вариант кристаллеровской системы с $K = 4$». В предыдущей главе нами было показано, что изначальный, сделанный сверху выбор исследователем варианта системы в значительной степени произволен и далеко не всегда отражает реальное положение дел. Гораздо более продуктивным нам представляется подход, отражающий текущее состояние системы и производящийся снизу – на основе характеризующих ее показателей с выходом на постоянство значения *K* для всех уровней иерархии в качестве частного (и очень редкого) случая. Далее в этом параграфе мы покажем, что такой подход позволяет избежать излишних допущений и громоздких вычислений – поправки о необходимости расчетов взвешенных по населению расстояний при вычислении эмпирического радиуса [там же, с. 73], коллизии с непостоянством «значения *k* при определении теоретического распределения населения по уровням иерархии» [там же, с. 75], проблем с реальным и «теоретическим значением» числа «центральных мест, попадающих по рангу (численности населения) на последний уровень», и того, «что считать центральным местом» [там же, с. 79] – в соответствии с «разницей в критериях выделения городских поселений» [там же, с. 80]. Весьма полезными в данном параграфе нам будут результаты по системам размытых ЦМ, полученные П.П. Эм [Эм, 2013b], поскольку они позволяют в случае Эстонии не переставлять местами Кохтла-Ярве и Пярну в ряду по численности населения, как это было сделано в [Шупер, 1995a] по причине того, что «сообщаемое статистикой население Кохтла-Ярве относится ко многим поселениям … , а не только к городскому ядру».

Переходя к рассмотрению собственно системы ЦМ Эстонии, подчеркнем, что в 1989 г. *K* для первого уровня иерархии действительно было равно 4. Более того, накопленное значение этого показателя было очень близко к теоретически предсказанному (равному 4,000), отличаясь от него лишь на 0,5% (Таблица 4.2.1). Суммарное число ЦМ, распределенных по уровням иерархии (кроме последнего), составило в 1989 г. 56 единиц, при этом на 3-м уровне оказалось 11 из них (в случае постоянства значения *K* = 4 для всех уровней иерархии их должно было бы быть 12), на 4-м – 41 (вместо 48). Подчеркнем, что реальная численность населения 2-го и 4-го уровней иерархии отличались от теоретически предсказанной менее чем на 1% (в абсолютном выражении – менее, чем на 1 тыс. человек) – это привело к тому, что теоретические радиусы для них составили

1,001 и 0,994 соответственно при идеальном значении, равном 1,000. Таким образом, второй и четвертый уровни фактически нельзя отнести ни к «легким» (когда идеальная численность населения уровня превышает реальную), ни к «тяжелым».

Таблица 4.2.1 – Фрагмент опорной таблицы для системы ЦМ Эстонии 1989 г.*

Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.572.916*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1	K_2
Таллин	482.037					
Тарту	113.977	596.014	0,379	0,306	1,359	
Нарва	81.356	677.370	0,431	0,306	1,975	
Кохтла-Ярве	76.581	753.951	0,479	0,306	4,022	
Пярну	53.885	807.836	0,514	0,306	27,544	1,190
Вильянди	22.973	830.809	0,528	0,306	-15,728	1,306
Силламяэ	20.280	851.089	0,541	0,306	-6,368	1,438
Раквере	20.115	871.204	0,554	0,306	-3,920	1,608
Валга	18.097	889.301	0,565	0,306	-2,872	1,812
Выру	17.405	906.706	0,576	0,306	-2,260	2,079
Курессааре	16.356	923.062	0,587	0,306	-1,866	2,433
Маарду	16.096	939.158	0,597	0,306	-1,581	2,953
Хаапсалу	15.176	954.334	0,607	0,306	-1,374	3,747
Пайде	10.977	965.311	0,614	0,306	-1,250	4,700
Кивиыли	10.353	975.664	0,620	0,306	-1,149	6,254

*Представлены уровни иерархии с 1-го по 3-й.

Рассчитано и составлено автором по: [Всесоюзная перепись … 1989].

Однозначно «тяжелым» является лишь 3-й уровень иерархии системы ЦМ Эстонии: его реальная численность населения превышает идеальную в 1,106 раза;

в то же время он в совокупности сдвинут дальше от ЦМ 1-го уровня по сравнению с идеальным расстоянием ровно в такое же число раз – таким образом, его вклад в показатель изостатического равновесия равен 1,000. Вклад 2-го уровня почти таков же – 1,001: иными словами, для того, чтобы система ЦМ Эстонии была абсолютно устойчивой, вклад 4-го уровня должен составлять 0,999 долей единицы. Однако же в реальности он оказался несколько больше – 1,061.

Таким образом, показатель изостатического равновесия для системы ЦМ Эстонии в 1989 г. составил 3,062, что даже ближе к идеалу (3,000), чем было установлено в [Валесян, 1995] (3,127). При этом предложенный нами подход именно в случае Эстонии наглядно демонстрирует уязвимость распределения городов системы по уровням иерархии сверху: так, людность последнего ЦМ 3-го уровня иерархии Кивиыли превышает таковую для первого ЦМ 4-го уровня – города Тапа – лишь на 8 человек; численность населения второго ЦМ 4-го уровня (Кейла) составляет 10098 человек, иных ЦМ людностью более 10 тыс. жителей на 4-м уровне нет. В том случае, если мы будем подходить к системе ЦМ Эстонии с мерилом постоянства значения K для всех уровней иерархии, то при $K = 4$ Тапу следовало бы отнести к 3-му уровню иерархии, оставив Кейлу на 4-м. Однако никаких объективных оснований для этого нет – кроме того, что мы хотим сравнить реальную систему расселения с идеальной системой ЦМ с постоянным K. В то же время, как нами было показано в предыдущей главе – с учетом принципа локальной предопределенности, такое сравнение представляет собой лишь частный случай сравнения для переменного K. Идеальная решетка, соответствующая системе ЦМ Эстонии в 1989 г., представлена на Рисунке 4.2.1.

Попытаемся выяснить, произошли ли изменения в ее иерархической и пространственной структуре в результате выхода республики из состава СССР в 1991 г. Согласно данным переписи населения 2000 г., основу системы ее расселения составляли все те же 56 городских поселений, причем их распределение по уровням иерархии было абсолютно идентичным таковому в 1989 г. [Population … 2000]. Состав 1-го и 2-го уровней изменений не претерпел, во второй половине 3-го уровня некоторые населенные пункты поменялись местами, а место Кивиыли в числе его ЦМ занял выделенный из состава Кохтла-Ярве Йыхви. Однако каждый в отдельности уровень иерархии стал несколько хуже по сравнению с 1989 г. удовлетворять своему идеальному вкладу в интегральный показатель изостатического равновесия.

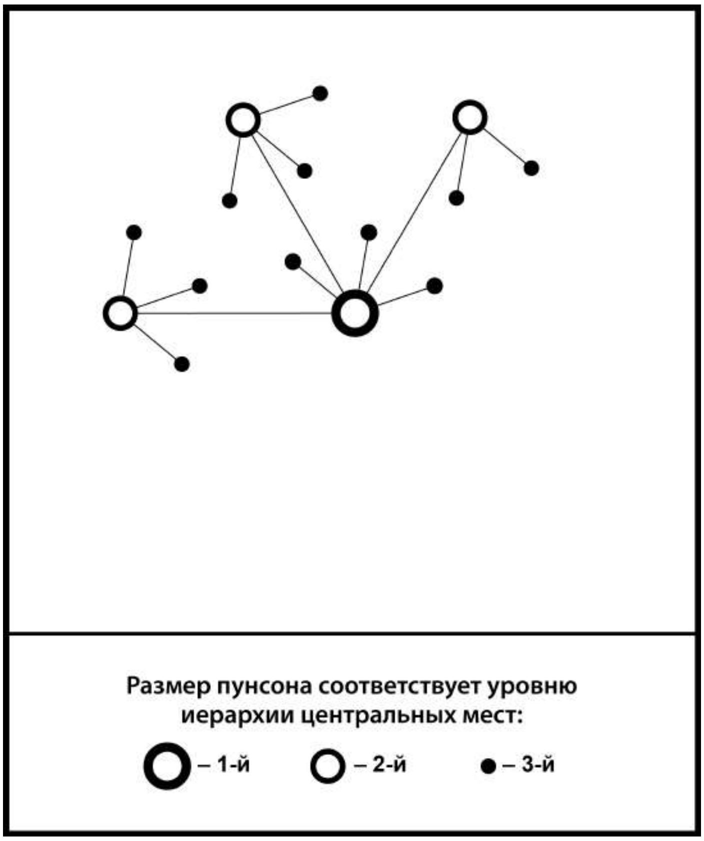


Рисунок 4.2.1 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Эстонии в 1989 и 2000 гг.
Составлено автором.

Стал «легким» 2-й уровень иерархии (значение теоретического радиуса равно 0,949), 3-й и 4-й – «тяжелыми» (1,135 и 1,020 соответственно), при этом 3-й оказался в среднем дальше от ЦМ 1-го уровня, чем положено в соответствии с ТЦМ, 4-й же – наоборот, ближе. Однако значение показателя изостатического равновесия системы в 2000 г. даже улучшилось по сравнению с 1989 г. и составило 3,040. Это говорит нам по крайней мере о двух результатах получения независимости Эстонией для системы ее ЦМ. Во-первых, система ЦМ имеет определенный запас прочности[65], в некоторой степени даже унаследованную структуру, которую не так легко разрушить в рамках континуального развития. Иными словами, распад СССР никоим образом не сказался на системе ЦМ Эстонии, то есть не стал дискретизирующим фактором – вероятно, она стала достаточно самостоятельной задолго до этого события. Во-вторых, усилившееся отклонение от идеала (1,000) вклада каждого уровня в показатель изостатического равновесия (0,949 – для 2-го уровня; 1,009 – для 3-го; 1,082 – для 4-го) говорит нам об ожидающих ее в ближайшее к 2000 г. время структурных изменениях.

И они не заставили себя ждать: к 2011 г. система перешла к структуре, соответствующей $K_1 = 5$ (Таблица 4.2.2). Причем накопленное значение для последнего ЦМ 2-го уровня составляет 5,001 – это свидетельствует о том, что теоретический радиус (как и вклад уровня в значение показателя изостатического равновесия) должен быть близким к единице. Такое предположение подтвердилось расчетами: реальная численность 2-го уровня составила 233192 человека, что лишь на 8 человек больше идеального показателя; а показатель изостатического равновесия для этого уровня отличается от единицы лишь с пятого знака после запятой. 3-й уровень иерархии также оказался практически готовым к переходу к иной иерархической и пространственной структуре: он оказался чуть «тяжелее» идеального варианта (теоретический радиус равен 1,064), но и чуть дальше него (эмпирический радиус равен 1,013), хотя его образуют 18 ЦМ вместо положенных 20 при $K = 5$: устойчивость же самого уровня, как и в случае 2-го, оказалась значительной (показатель изостатического равновесия для него равен 1,050). Наименее подготовленным к изменениям оказался 4-й уровень иерархии: численность его населения составила лишь нескольким более 2/3 от идеальной, а среднее расстояние до ЦМ 1-го уровня – даже меньшим, чем в идеальном случае.

---

[65] То есть возможность сохранять устойчивое равновесное состояние в соответствии с уже достигнутым значением показателя изостатического равновесия под влиянием деструктивных изменений.

Таблица 4.2.2 – Фрагмент опорной таблицы для системы ЦМ Эстонии в 2011 г.

Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.294.455*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Таллин	393.222					
Тарту	97.600	490.822	0,379	0,304	1,386	
Нарва	58.663	549.485	0,424	0,304	1,926	
Пярну	39.728	589.213	0,455	0,304	2,754	
Кохтла-Ярве	37.201	626.414	0,484	0,304	5,001	
Маарду	17.524	643.938	0,497	0,304	8,571	1,066
Вильянди	17.473	661.411	0,511	0,304	34,449	1,145
Раквере	15.264	676.675	0,523	0,304	-19,384	1,229
Силламяэ	14.252	690.927	0,534	0,304	-7,660	1,324
Курессааре	13.166	704.093	0,544	0,304	-4,834	1,432
Выру	12.667	716.760	0,554	0,304	-3,526	1,559
Валга	12.261	729.021	0,563	0,304	-2,769	1,712
Йыхви	10.775	739.796	0,572	0,304	-2,314	1,881
Хаапсалу	10.251	750.047	0,579	0,304	-1,991	2,085
Кейла	9.763	759.810	0,587	0,304	-1,750	2,336
Пайде	8.228	768.038	0,593	0,304	-1,583	2,608
Тапа	5.896	773.934	0,598	0,304	-1,479	2,853
Пылва	5.767	779.701	0,602	0,304	-1,387	3,150
Кивиыли	5.634	785.335	0,607	0,304	-1,307	3,514
Элва	5.607	790.942	0,611	0,304	-1,234	3,983
Сауэ	5.514	796.456	0,615	0,304	-1,169	4,599
Йыгева	5.501	801.957	0,620	0,304	-1,109	5,462
Тюри	5.410	807.367	0,624	0,304	-1,054	6,732

Рассчитано и составлено автором по: [Population … 2011].

Таким образом, вклад этого уровня в общее для всей системы значение показателя изостатического равновесия составил лишь 0,739. Итоговое значение последнего оказалось меньше 3,000 – лишь 2,789. Это говорит о том, что 4-й уровень иерархии наименее устойчив в настоящее время к изменениям, и в случае континуального развития системы ЦМ изменения в первую очередь затронут именно его. Однако это говорит и о том, что при изменениях в ходе эволюции наиболее устойчивыми и приспособленными к ним оказываются более высокие уровни иерархии. Пространственная структура соответствующей системе ЦМ Эстонии в 2011 г. идеальной решетки представлена на Рисунке 4.2.2.

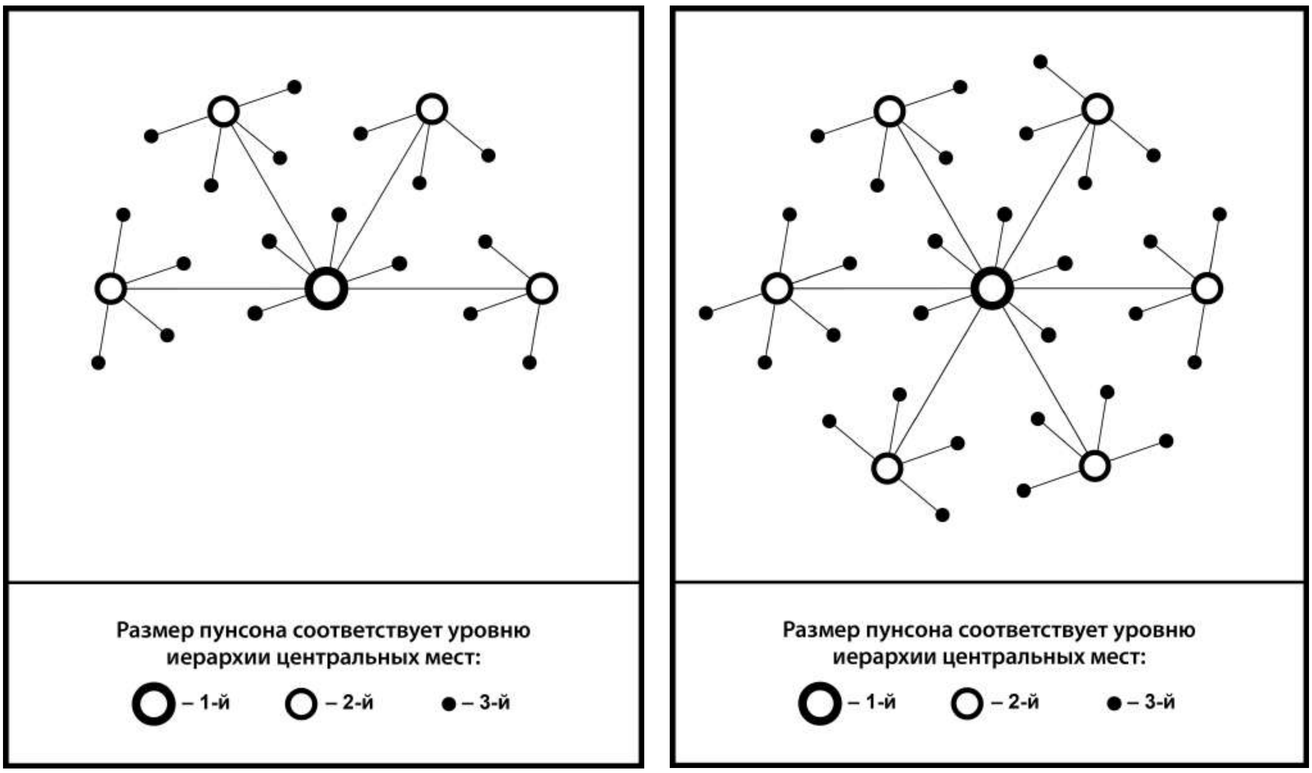


Рисунок 4.2.2 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Эстонии в 2011 (слева) и 2021 гг.

*Представлены ЦМ, принадлежащие уровням иерархии с 1-го по 3-й.

Составлено автором.

В 2017 г. систему расселения Эстонии ждало очередное потрясение: проведенная административно-территориальная реформа привела к укрупнению единиц местного самоуправления в соответствии с критерием, согласно которому община считается эффективной, только имея минимум 5 тыс. жителей. Несмотря на то, что из этого правила есть несколько исключений, в целом, реформа привела к уменьшению их числа с 217 до 79. Это сказалось и на структуре городского расселения: существенно вырос Таллин (Таблица 4.2.3), а между группами городов людностью 10 и 6 тыс. жителей образовался «провал». Общее же число городов уменьшилось с 58 в 2011 г. до 47. Усиление вертикали административного управления, которое являлось целью реформы, закономерно привело к изменению структуры системы ЦМ Эстонии до $K_1 = 7$.

Однако к нему оказался готов лишь 2-й уровень иерархии: расчетное накопленное значение K для него практически совпадает с идеальным для данного типа, а теоретический радиус (как и вклад в общий показатель изостатического равновесия для системы) для него составил 1,000. Реальное население 2-го уровня иерархии превышает идеальное в 1,035 раза, однако его ЦМ расположены от ЦМ 1-го уровня дальше, чем должны быть (со значением показателя изостатического равновесия для уровня 0,858). Наиболее уязвимым оказался 4-й уровень иерархии: на нем не только стало меньше ЦМ, чем было (вследствие перехода части из них на 3-й уровень иерархии и выбытия некоторых других вследствие административной реформы), но и показатель изостатического равновесия составил лишь 0,209: для всей системы в целом он оказался на целую единицу меньше идеала – 2,067.

Таким образом, административная реформа хоть и оказала большое влияние на ход эволюции системы ЦМ Эстонии, но не привела к критическим изменениям (которые будут рассмотрены в следующей главе). Это связано с тем, что система ЦМ имеет определенный запас прочности, в некоторой степени даже унаследованную с советских времен структуру, которую не так легко разрушить в рамках континуального развития. При изменениях в ходе эволюции наиболее устойчивыми и приспособленными к ним оказываются более высокие уровни иерархии, следствием чего является не обязательное их чередование даже в устойчивой системе по принципу «тяжелый – легкий – тяжелый» и т.д.

Таблица 4.2.3 – Фрагмент опорной таблицы для системы ЦМ Эстонии в 2021 г.*

Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.330.068*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Таллин	438.341					
Тарту	95.430	533.771	0,401	0,330	1,322	
Нарва	53.424	587.195	0,441	0,330	1,688	
Пярну	50.639	637.834	0,480	0,330	2,417	
Кохтла-Ярве	32.577	670.411	0,504	0,330	3,517	
Вильянди	16.875	687.286	0,517	0,330	4,714	
Маарду	15.284	702.570	0,528	0,330	6,974	
Раквере	14.984	717.554	0,539	0,330	13,763	1,052
Хаапсалу	12.883	730.437	0,549	0,330	110,766	1,104
Курессааре	12.698	743.135	0,559	0,330	-17,723	1,164
Силламяэ	12.230	755.365	0,568	0,330	-8,184	1,230
Валга	11.792	767.157	0,577	0,330	-5,310	1,304
Выру	11.533	778.690	0,585	0,330	-3,910	1,391
Пайде	10.285	788.975	0,593	0,330	-3,142	1,481
Йыхви	10.130	799.105	0,601	0,330	-2,616	1,587
Кейла	10.078	809.183	0,608	0,330	-2,231	1,713
Сауэ	5.831	815.014	0,613	0,330	-2,050	1,799
Элва	5.616	820.630	0,617	0,330	-1,899	1,892
Тапа	5.168	825.798	0,621	0,330	-1,776	1,989
Пылва	5.115	830.913	0,625	0,330	-1,667	2,097
Тюри	5.070	835.983	0,629	0,330	-1,569	2,219
Рапла	4.887	840.870	0,632	0,330	-1,484	2,354

*Представлены 1-й, 2-й и частично 3-й уровни иерархии.

Рассчитано и составлено автором по: [Population Number …].

Чем выше в иерархии расположен уровень, тем быстрее он при прочих равных условиях адаптируется к изменениям типа структуры, то есть тем скорее показатель изостатического равновесия для него становится близким к 1; количественные изменения этого показателя для 2-го уровня иерархии свидетельствуют о достаточно скором изменении типа структуры всей системы, которая начнется именно с верхних уровней.

4.3. Отрицательная эволюция: пример Дальнего Востока

Стратегией пространственного развития РФ на период до 2025 г. предусмотрено усиление «межрегионального сотрудничества и координации социально-экономического развития субъектов РФ в рамках макрорегионов» [Стратегия … 2025, с. 19]. По задумке авторов этой Стратегии расположенные в пределах указанных макрорегионов 20 городов[66] должны стать «центрами экономического роста» страны, обеспечивая ежегодный вклад в него более 1%. Каждый из этих городов образует «крупнейшую» (более 1 млн чел.) или «крупную» (от 500 тыс. до 1 млн) городские агломерации, в которых происходит «концентрация научной, научно-технической и инновационной деятельности».

Будучи весьма и весьма своевременной, Стратегия, к сожалению, имеет по крайней мере два недочета в рамках выявления и сохранения вклада городов в благополучие страны. Первый из них состоит в методически и методологически необоснованном разведении популяционной и экономической составляющих городского развития: подчеркивается необходимость увеличения или хотя бы сохранения, с одной стороны, существующей численности населения городов–центров роста, с другой – их роли в экономическом развитии. Однако, как

---

[66] Владивосток, Волгоград, Воронеж, Екатеринбург, Иркутск, Казань, Краснодар, Красноярск, Москва (с городами агломерации людностью более 100 тыс. чел.), Набережные Челны (с Нижнекамском), Нижний Новгород, Новосибирск, Омск, Пермь, Ростов-на-Дону, Самара (с Тольятти), Санкт-Петербург (с городами агломерации), Тюмень, Челябинск, Уфа.

показывает практика, связь между численностью населения и экономическим развитием далеко не всегда оказывается линейной (и даже положительной), в связи с чем, на наш взгляд, необходим либо более дифференцированный подход к населенным пунктам с точки зрения их роли, либо, наоборот, рассмотрение не каждого города в отдельности, а их системы.

Второй недочет заключен в несоответствии названия Стратегии и ее содержания: учитывая принципиальные различия между понятиями «пространство» и «территория», следует признать, что Стратегия в ее нынешнем виде ориентирована и имеет дело именно с территориальным развитием Российской Федерации. Пространственный аспект, иллюстрирующий систему взаимоотношений, пока же представлен в Стратегии – по крайней мере на уровне центров экономического роста – лишь на уровне заявленной проблемы «нереализованного потенциала межрегионального и межмуниципального взаимодействия» [там же, с. 7].

К сожалению, теоретическое обоснование Стратегии если и существует, то не было доступно нам при подготовке рукописи. На наш взгляд, накопленный потенциал общественной географии и региональной экономики все же был использован разработчиками не в полной мере: в этом исследовании мы бы хотели на примере Азиатской России показать эффективность применения одного из важнейших теоретических конструктов социально-экономической географии – теории центральных мест (ТЦМ) – для выявления степени пространственного развития систем расселения с выходом на возможные рекомендации. Последние, мы надеемся, могут быть учтены разработчиками Стратегии пространственного развития России на период после 2025 года.

Основная цель этого параграфа заключается в определении степени устойчивости структуры системы ЦМ Азиатской России. Однако на пути достижения поставленной цели мы сталкиваемся со следующим препятствием: критерии выделения в Стратегии макрорегионов аналогичны по своей сути таковым в рамках экономического районирования СССР. В то же время границы макрорегионов в большей степени соответствуют федеральным округам – скорее административным, нежели социально-экономическим структурам. Сложность возникает с определением западной границы территориального полигона исследования – далее в качестве нее мы будем рассматривать западную границу Западно-Сибирского экономического района[67].

В качестве рабочих выдвигаются две гипотезы, каждая из которых, в свою очередь, распадается на два варианта. Первая: существует единая система ЦМ Азиатской России или же в пределах последней наличествуют несколько систем. Вторая: ЦМ по состоянию на 01.01.2021 представлены только городами в административных границах или же для повышения степени устойчивости систем(ы) необходимо наличие нескольких многоядерных ЦМ [Росстат]. К числу последних мы отнесли:

а) распределенное ЦМ «Томск – Новосибирск – Барнаул» включает Новосибирск, Бердск, Искитим, Обь, Кольцово и городские поселения Новосибирского, Болотнинского, Черепановского, Искитимского и Мошковского районов Новосибирской области; Томск, Северск; Барнаул, Новоалтайск, Сибирский и городские поселения Первомайского и Тальменского районов Алтайского края;

б) распределенное ЦМ «Большой Красноярск» включает собственно Красноярск, а также Железногорск, Дивногорск, Сосновоборск, Емельяново, Березовку;

в) распределенное ЦМ «Большой Владивосток» включает собственно Владивосток, а также Артем, Находку, Партизанск, Уссурийск, Большой Камень, Фокино и городские поселения Хасанского, Надеждинского, Шкотовского и Партизанского районов. Количественные характеристики разных вариантов представлены в Таблице 4.3.1.

Попробуем по очереди отвергать наиболее нереалистичные из них. Рассматривая систему Азиатской России как единое образование с ЦМ – населенными пунктами в административных границах (№ 1) значение показателя изостатического равновесия сравнительно невелико. Более того, структура системы абсолютно примитивна: каждый из первых четырех уровней иерархии представлен одним ЦМ (Новосибирск – Омск – Красноярск – Тюмень).

[67] Дальний Восток пока будет рассматриваться нами в границах до 2018 г.

Таблица 4.3.1 – Количественные характеристики различных вариантов структуры систем(ы) центральных мест в пределах Азиатской России в 2021 г.

№ п/п	Вариант системы ЦМ	Число ЦМ на уровнях иерархии с 1-го по 4-й	Значение показателя изостатического равновесия для системы
1	Азиатская Россия с ЦМ – населенными пунктами в административных границах	1 – 1 – 1 – 1	2,474
2	Азиатская Россия с ЦМ – населенными пунктами в административных границах и несколькими распределенными ЦМ	1 – 2 – 2 – 3	5,292
3	Сибирь с ЦМ – населенными пунктами в административных границах	1 – 1 – 1 – 1	2,501
4	Сибирь с ЦМ – населенными пунктами в административных границах и несколькими распределенными ЦМ	1 – 2 – 3 – 4	2,577
5	Западная Сибирь с ЦМ – населенными пунктами в административных границах	1 – 1 – 1 – 1	2,767
6	Западная Сибирь с ЦМ – населенными пунктами в административных границах и несколькими распределенными ЦМ	1 – 2 – 4 – 12	3,539
7	Восточная Сибирь с ЦМ – населенными пунктами в административных границах	1 – 1 – 1 – 2	2,507
8	Восточная Сибирь с ЦМ – населенными пунктами в административных границах и несколькими распределенными ЦМ	1 – 1 – 2 – 3	3,003
9	Дальний Восток с ЦМ – населенными пунктами в административных границах	–	–
10	Дальний Восток с ЦМ – населенными пунктами в административных границах и несколькими распределенными ЦМ	1 – 1 – 2 – 3	2,779

Рассчитано и составлено автором.

Таким образом $K = 2$ лишь для 1-го уровня, для каждого последующего его интегральное значение все меньше. Для единой системы Азиатской России с ЦМ – населенными пунктами в административных границах и несколькими распределенными ЦМ (№ 2) структура, наоборот, несколько лучше удовлетворяет теоретическим построениям (Большой Новосибирск – Большой Красноярск, Большой Владивосток – Омск, Тюмень – Иркутск, Хабаровск, Кемерово), в то время как степень ее устойчивости чрезвычайно аномальна.

По соотношению числа ЦМ на уровнях иерархии система гораздо лучше соответствовала бы структуре с $K = 2$, если бы на 2-м уровне иерархии было не два, а одно ЦМ. Вероятно, «лишним» здесь будет Большой Владивосток, а Хабаровск заменил бы Новокузнецк. Таким образом, вероятно, оба варианта (№№ 1-2) рассмотрения единой системы ЦМ Азиатской России следует признать неудовлетворительными.

В этой связи рассмотрим систему ЦМ как фрагментарную. Будем исходить из предположения, что Восточная Сибирь в большей степени тяготеет к Западной, чем к Дальнему Востоку, и разделим Азиатскую Россию сначала на две части – Сибирь и Дальний Восток. Вполне ожидаемо, что при учете ЦМ как населенных пунктов в административных границах (№ 3) 4-хуровневая структура системы Сибири абсолютно идентична таковой для всей Азиатской России (№ 1), однако меньшие размеры несколько (но весьма незначительно) увеличивают значение показателя изостатического равновесия. Но при таком же подходе к ЦМ система последних для Дальнего Востока (№ 9) вообще не существует! Это связано с тем, что при $k = 0{,}100$ значение доли городского населения (φ) слишком велико и не удовлетворяет выведенному нами неравенству (3.2.2). Таким образом, Дальний Восток далее следует рассматривать именно с учетом наличия распределенного ЦМ (№ 10) – как и остальные части Азиатской России. Это приводит нас к необходимости сравнения двух оставшихся вариантов – единой (№ 4) или разделенной (№№ 6 и 8) Сибири. Для Западной Сибири (№ 6) и Сибири в целом (№ 4) значение показателя изостатического равновесия отличаются от оптимума не слишком сильно в сравнении друг с другом. Однако структура системы ЦМ

Западной Сибири имеет преимущество в отношении не только своей диверсификации (то есть большего числа ЦМ на каждом из уровней, начиная со 2-го), но и выравнивания значений K: если для 1-го уровня обеих систем интегрированное $K = 3$; то для второго уровня в случае системы единой Сибири $K = 2$, Западной Сибири – 7/3; для третьего уровня – 5/3 и 19/17 соответственно. Восточная Сибирь (№ 8) – единственный регион, распределение ЦМ которого по уровням в отношении численности населения и расстояний между ними почти точно отвечает теоретическим построениям (значение показателя изостатического равновесия отличается от идеального лишь в третьем знаке после запятой).

Особо интересен в данном ключе пример Дальнего Востока, который мы бы хотели рассмотреть также в исторической ретроспективе. В 1989 г. система ЦМ Дальнего Востока имела структуру, соответствующую $K_1 = 3$ (Таблица 4.3.2). Пространственная структура соответствующей идеальной решетки представлена на Рисунке 4.3.1.

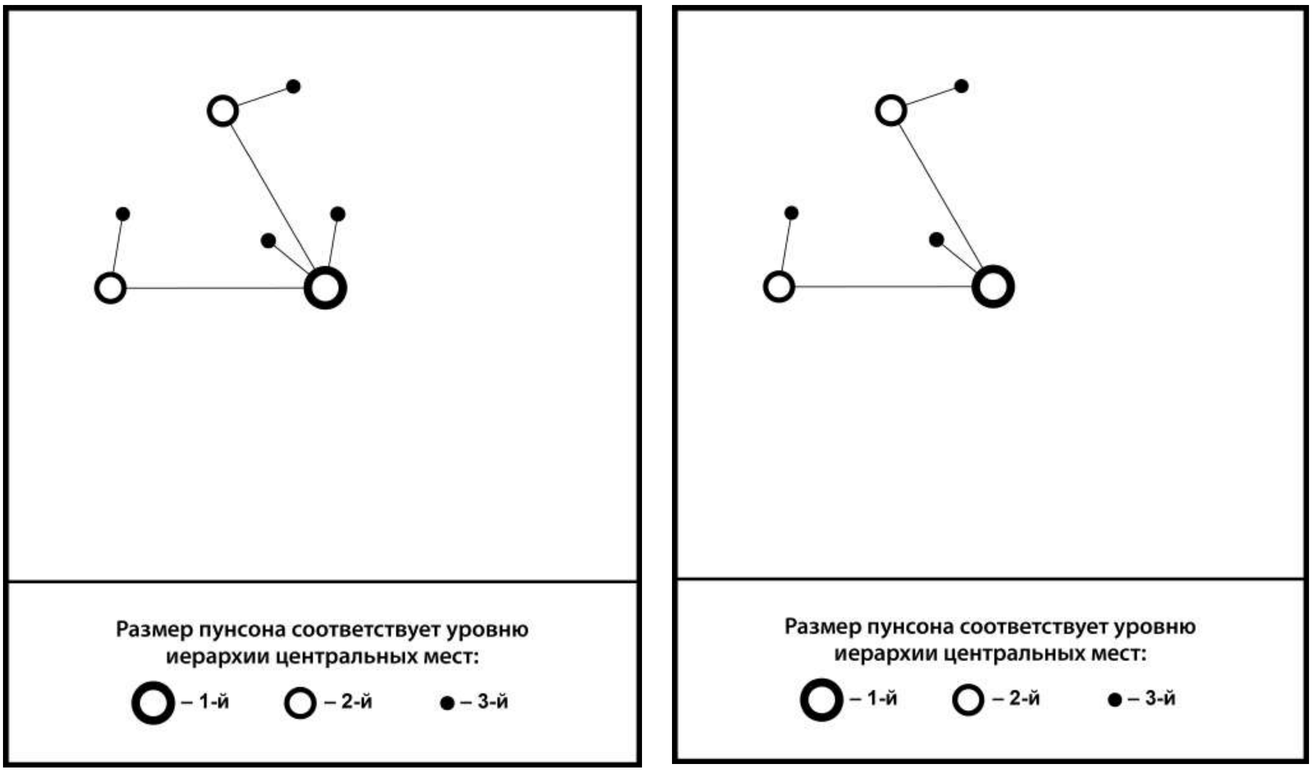


Рисунок 4.3.1 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Дальнего Востока в 1989 (слева) и 2002 гг. для трех уровней иерархии

Составлено автором.

Таблица 4.3.2 – Фрагменты опорных таблиц для системы ЦМ российского Дальнего Востока в 1989 и 2002 гг.*

1989 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*7.940.679*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Владивосток	1.375.898					
Хабаровск	600.623	1.976.521	0,249	0,173	1,925	
Комсомольск-на-Амуре	315.325	2.291.846	0,289	0,173	4,418	
Петропавловск-Камчатский	268.747	2.560.593	0,322	0,173	-19,750	1,313
Благовещенск	205.553	2.766.146	0,348	0,173	-3,547	1,777
Якутск	186.626	2.952.772	0,372	0,173	-1,967	2,719
Южно-Сахалинск	159.299	3.112.071	0,392	0,173	-1,398	5,277
2002 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*6.692.865*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	$\boldsymbol{K_1}$	$\boldsymbol{K_2}$
Владивосток	1.243.428					
Хабаровск	583.072	1.826.500	0,273	0,186	2,106	
Комсомольск-на-Амуре	281.035	2.107.535	0,315	0,186	5,744	
Якутск	238.356	2.345.891	0,351	0,186	-8,969	1,316
Благовещенск	219.221	2.565.112	0,383	0,186	-2,480	1,945
Петропавловск-Камчатский	198.028	2.763.140	0,413	0,186	-1,439	3,720

*Полностью представлены уровни иерархии с 1-го по 3-й.

Рассчитано и составлено автором по: [Всесоюзная перепись … 1989; Всероссийская перепись … 2002].

1-й уровень иерархии занимал Большой Владивосток, 2-й – Хабаровск и Комсомольск-на Амуре. 3-й и 4-й уровни иерархии были представлены меньшим числом ЦМ, чем необходимо для установления структуры с постоянным для всех уровней значением *K*, однако даже в этой ситуации значение теоретического радиуса для всех уровней со 2-го по 4-й превышало единицу (1,138 – 1,331 – 1,296): все уровни были «тяжелыми». Для того, чтобы обеспечить наибольшую устойчивость всей системы (значение показателя изостатического равновесия должно быть близким к 3), 3-й и 4-й уровни должны находиться в среднем несколько дальше от ЦМ 1-го уровня, чем это предсказано теорией – примерно на таком же расстоянии, что и ЦМ 2-го уровня. Однако в действительности ЦМ 3-го уровня располагались в два, а 4-го – примерно в 1,5 раза дальше даже по сравнению с ЦМ 2-го уровня. Таким образом, система ЦМ Дальнего Востока в позднесоветские годы была достаточно далека от устойчивого состояния (значение показателя изостатического равновесия составляло 2,217).

Распад СССР в отношении границ фактически никак не повлиял на систему ЦМ Дальнего Востока, однако усилившийся отток из него населения, сопровождавшийся естественной убылью, привел к деградации (то есть – к отрицательной эволюции) системы. В соответствии с установленной в параграфе 2.3 последовательностью, первыми начали исчезать ЦМ на 4-м уровне иерархии[68] (их число уменьшилось с 9 в 1989 до 6 в 2002 г. – из него вышли наименее населенные Арсеньев, Тында, Амурск и Холмск), затем – на 3-м уровне (Южно-Сахалинск перешел на 4-й уровень) – Рисунок 4.3.1. Но костяк системы – 1-й и 2-й уровни иерархии – изменения пока не затронули: значение K_1 по-прежнему равнялось трем, а устойчивость даже повысилась (показатель изостатического равновесия увеличился до 2,349). Уже к следующей переписи запас прочности системы иссяк (Таблица 4.3.3), и отрицательная эволюция затронула все уровни иерархии, кроме 1-го – система перешла к наиболее примитивной структуре с $K = 2$, практически равным для всех основных уровней.

[68] При рассмотрении именно четырех основных уровней иерархии.

Таблица 4.3.3 – Фрагменты опорных таблиц для системы ЦМ Дальнего Востока в 2010-2021 гг.

2010 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*6.293.129*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	K_1	K_2	K_3
Владивосток	1.160.518						
Хабаровск	577.441	1.737.959	0,276	0,184	2,276		
Якутск	269.601	2.007.560	0,319	0,184	7,946	1,385	
Комсомольск-на-Амуре	263.906	2.271.466	0,361	0,184	-4,510	2,420	
Благовещенск	214.390	2.485.856	0,395	0,184	-1,853	7,621	1,332
Южно-Сахалинск	181.728	2.667.584	0,424	0,184	-1,193	-7,462	1,935
Петропавловск-Камчатский	179.780	2.847.364	0,452	0,184	-0,858	-2,359	3,834
2018 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*7.217.670*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	K_1	K_2	K_3
Владивосток	1.173.262						
Хабаровск	618.150	1.791.412	0,248	0,163	2,421		
Якутск	311.760	2.103.172	0,291	0,163	15,796	1,458	
Комсомольск-на-Амуре	248.254	2.351.426	0,326	0,163	-4,044	2,456	
Благовещенск	225.091	2.576.517	0,357	0,163	-1,793	7,781	1,333
Южно-Сахалинск	198.973	2.775.490	0,385	0,163	-1,165	-7,078	1,968
Петропавловск-Камчатский	181.216	2.956.706	0,410	0,163	-0,865	-2,445	3,729
2021 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*8.124.053*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	K_1	K_2	K_3
Владивосток	1.160.489						
Хабаровск	610.305	1.770.794	0,218	0,143	2,361		
Улан-Удэ	437.514	2.208.308	0,272	0,143	-15,914	1,798	
Чита	350.861	2.559.169	0,315	0,143	-1,968	6,671	
Якутск	330.615	2.889.784	0,356	0,143	-1,018	-3,536	1,610
Комсомольск-на-Амуре	241.072	3.130.856	0,385	0,143	-0,731	-1,576	3,195

Рассчитано и составлено автором по: [Всероссийская перепись … 2010; Росстат].

Реальное распределение ЦМ по первым пяти из них (1 – 1 – 2 – 3 – 9) в 2010 г. отличалось от идеального (1 – 1 – 2 – 4 – 8) незначительно. При этом достаточно очевидно, что после указанных изменений устойчивость системы была далека от идеальной: значение показателя изостатического равновесия составило для 4-х уровней иерархии лишь 1,856 (при идеальном значении, равном 3,000).

К началу 2018 г. 5-й уровень иерархии снизу пополнился еще двумя центральными местами. В то же время кардинально это ситуацию не улучшило – соответствующее значение показателя изостатического равновесия повысилось лишь до 1,906. Таким образом, внутренних резервов системы ЦМ Дальнего Востока для перехода к положительной эволюции объективно не существует.

Посмотрим, к каким результатам привело решение о присоединении в 2018 г. к ДВФО двух новых субъектов. Во-первых, Улан-Удэ и Чита превышают по численности своего населения Якутск и Комсомольск-на-Амуре: это значит, что последние оказались вытесненными с 3-го уровня иерархии. К изменению пространственной структуры системы на первых трех уровнях это не привело – она осталась такой же, как и 10 лет назад (Рисунок 4.3.2). Во-вторых, несмотря на отсутствие структурных изменений на 1-3-м уровнях, состав нижележащих уровней трансформировался: на 4-м уровне оказалось два ЦМ, на 5-м – три (Благовещенск, Южно-Сахалинск и Петропавловск-Камчатский).

Иными словами, включение двух новых субъектов в состав ДВФО привело не к их логическому встраиванию в систему ЦМ, а к простому замещению ими «старых» ЦМ – элементарному добавлению нового уровня. В-третьих, административные центры двух новых субъектов ДВФО даже слишком велики: стоит населению хотя бы одного из них чуть подрасти (на 6–7 тыс. человек) или же уменьшиться (на 10 тыс.) Большому Владивостоку[69] – Чита покинет 3-й уровень иерархии, приведя систему к структуре «1 – 1 – 1». В-четвертых, показатель изостатического равновесия после включения Улан-Удэ и Читы в

[69] Последнее вполне ожидаемо, учитывая, что в 2021 г. численность его населения – минимальная при рассмотрении трех указанных временных отсечек.

структуру верхних уровней системы изменился незначительно, увеличившись на 0,1 и составив в 2021 г. 2,018. Для сравнения: если рассчитывать его значение для ДВФО в старых границах, то оно составило бы 2,213 – таким образом, без административных изменений оно выросло бы более чем на 0,3 всего за 3 года, приведя систему к большей устойчивости.

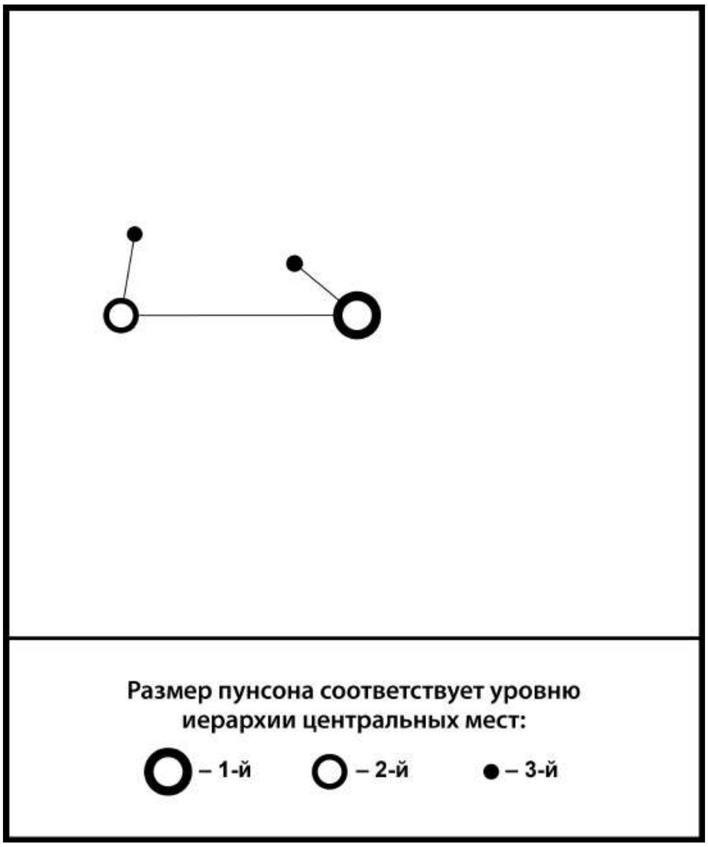


Рисунок 4.3.2 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ ДВФО в 2010–2021 гг.
Составлено автором.

Опираясь на ТЦМ, можно прийти к выводу, что реформа 2018 г. не только не привела к структурному улучшению системы расселения Дальнего Востока России, но даже ухудшила ее. Новые ЦМ, занявшие 3-й уровень иерархии, расположены даже дальше от ЦМ 1-го уровня, чем их предшественники на этом уровне 2018 г.: иными словами, главная проблема системы ЦМ Дальнего Востока состоит не столько в недостаточной численности населении (значения теоретического радиуса для 2–4-го уровней даже несколько превышают идеальные), сколько в огромных расстояниях (значения эмпирического радиуса выше идеального для нового 3-го уровня в 4,2 раза; для 4-го – в 3,7 раза).

В этой связи далее проанализируем существующие расстояния в системе ЦМ Дальнего Востока не в единицах собственно расстояния (км), а в стоимостном выражении. При этом весьма интересным представляется сравнение нынешней ситуации с таковой времен окончания существования СССР. В советское время существовала формула расчета стоимости билета в рублях [Гендиректор «Аэрофлота» …]:

$$\text{Цена} = [\text{Тарифное расстояние} - 300] \times \frac{1}{60} + 12. \qquad (4.3.1)$$

Однако она работала не для всех пунктов назначения (в том числе далее 300 км от пункта выезда): в некоторых случаях цена билета рассчитывалась иначе. Очевидно, представленное уравнение есть уравнение прямой. Попробуем вывести его, исходя из структуры системы расселения Дальнего Востока в 2021 г. с учетом трех первых уровней иерархии. Для этого возьмем минимальную стоимость авиабилетов (без багажа) из ЦМ 1-го уровня до каждого из них по состоянию на тот день середины сентября 2021 г., в который осуществляются беспересадочные рейсы [Яндекс. Расписания]. Далее соотнесем эту стоимость со среднемесячной номинальной начисленной заработной платой в округе (67813 руб. в мае 2021 г. [Росстат]): таким образом мы перейдем от абсолютной стоимости перелета к относительной.

Далее рассмотрим те же ЦМ (Владивосток, Хабаровск, Улан-Удэ, Чита, Якутск, Комсомольск-на-Амуре), но за 1980-е годы. Проведем ту же последовательность вычислений с той лишь разницей, что отсутствующие беспересадочные рейсы из Владивостока в Якутск и Улан-Удэ заменялись на рейсы с одной пересадкой через Хабаровск как наиболее дешевые [Авиапостер][70]. Далее стоимость билетов приводилась к среднемесячной зарплате в 1987 г. –

[70] В нашем распоряжении отсутствуют данные на один и тот же год. В этой связи брались данные по возможности за близкие годы – такое действие вполне оправданно, учитывая, что тарифы не менялись.

324,2 руб. [Елизаров, Дмитриев, Ефремов, 2015; Крушанова, 2012]. Итоговый вариант расчетов представлен в Таблице 4.3.4[71].

Таблица 4.3.4 – Отношение стоимости перелета из Владивостока к среднемесячной заработной плате на Дальнем Востоке в 1987 и 2021 гг., %

Город	*1987*	*2021*
Хабаровск	5,6	10,5
Улан-Удэ	19,1	11,3
Чита	14,8	11,3
Якутск	25,3	20,8
Комсомольск-на-Амуре	6,8	7,5

Составлено автором (источники см. выше).

Как видно из таблицы, относительная стоимость перелета из Владивостока до городов соседнего Хабаровского края в 2021 г. выше, а в другие пункты федерального округа – ниже, чем в 1987 г. Оценим теперь значения этих показателей интегрально – для этого построим график зависимости относительной стоимости (y) от расстояния (x) и выведем линию тренда – прямую, такую же, как в советской формуле зависимости цены перелета от расстояния (Рисунок 4.3.3).

В результате мы получим уравнения, описывающие линейную зависимость:

$$\begin{cases} y_{1987} = 0{,}012x - 3{,}4068 \\ y_{2021} = 0{,}0067x + 1{,}6452 \end{cases}.$$

Поскольку каждое из них описывает среднее значение для одной и той же совокупности ЦМ, то домножим нижнее на такой множитель, который обеспечит равенство показателей при x.

[71] Сравнение стоимости билетов по состоянию на 2021 и 1987 гг. возможно осуществить и на основе абсолютных показателей – цен на билеты в рублях; однако в этом случае пришлось бы приводить цены к единому году, что методически сложнее, нежели сравнение относительных показателей.

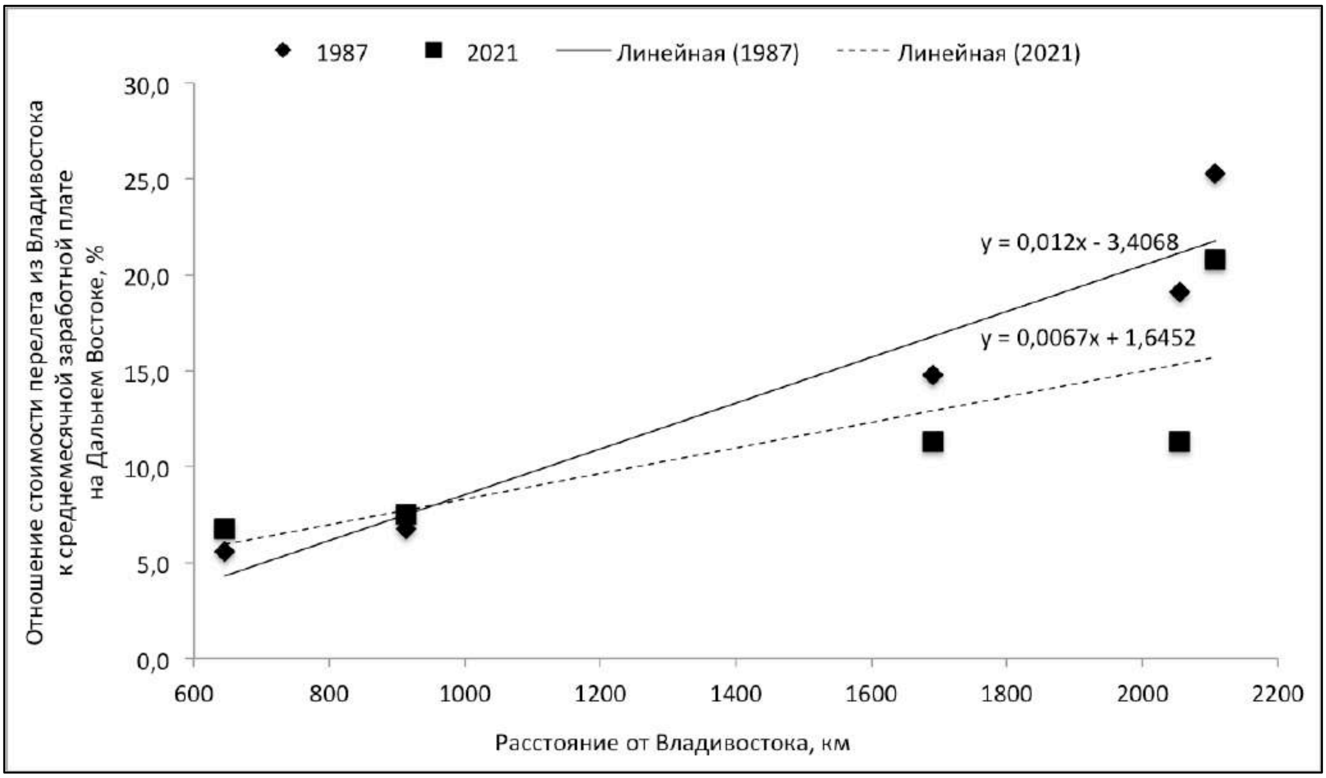


Рисунок 4.3.3 – Зависимость относительной стоимости авиабилета из Владивостока до ЦМ 2-4-го уровней иерархии (%) от соответствующего расстояния (км)

Составлено автором.

Далее, вычитая из нижнего уравнения верхнее, получим следующее соотношение между относительными ценами на авиабилеты в 1987 и 2021 гг.:

$$y_{1987} = 1{,}79 y_{2021} - 6{,}35. \qquad (4.3.2)$$

Подчеркнем, что проведенные действия не имеют отношения к корреляционно-регрессионному анализу как таковому. Задачи последнего, по [Елисеева, Юзбашев, 2004, с. 328] состоят в:

1) «измерении параметров уравнения регрессии». Указанные параметры уже оценены советскими специалистами с помощью уравнения (4.3.1). Однако в советское время стоимость билетов по некоторым направлениям ему не подчинялась, в связи с чем оно было поправлено нами для системы ЦМ Дальнего Востока. В этом случае[72], очевидно, необходимое для рассмотрения количество

[72] В отличие от корреляционно-регрессионного анализа, основанного на законе больших чисел.

точек–ЦМ определяется не правилами статистики, а только лишь их числом в анализируемой системе[73];

2) «измерении тесноты связи двух … признаков между собой». Это измерение также не проводилось, поскольку предполагается, что указанная теснота обоснована самим существованием и использованием на практике формулы (4.3.1).

Возвращаясь к Таблице 4.3.3, находим, что для традиционных центров Дальнего Востока – Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре и Якутска – относительная стоимость перелета в 1987 г. ниже, чем должна была бы быть, если подставлять в уравнение (4.3.2) соответствующие значения 2021 г.; в Читу и Улан-Удэ – наоборот, выше. Иными словами, даже на уровне относительной стоимости авиабилетов, исходя из структуры системы ЦМ, включенные в состав ДВФО субъекты оказываются чужеродными. Если, наоборот, подставлять в формулу относительную стоимость 1987 г., то оказывается, что полеты в Улан-Удэ и Якутск стоят дешевле, чем должны; в Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре и Якутск – наоборот, дороже: иными словами, наблюдается вольное или невольное субсидирование полетов в первую очередь в новоприсоединенные к округу субъекты.

Подчеркнем в этой связи крайне важное обстоятельство: ТЦМ рассматривает пространство в качестве однородного и изотропного, то есть одинаково проницаемого для всех видов транспорта. В этой связи не имеет значения, каким именно способом расстояние между ЦМ может быть преодолено – условно, это может быть пешая прогулка или полет на истребителе. Авиаперелет разобран выше лишь потому, что его количественные характеристики (расстояние и стоимость) исследователь может получить в свое распоряжение достаточно просто, а размеры характерного пространства для системы ЦМ Дальнего Востока весьма велики (порядка 10^6 км^2). Таким образом, употреблявшееся выше выражение «стоимость перелета из Владивостока до

---

[73] Для построения прямой минимально необходимое их количество равно 3 (включая одно ЦМ 1-го уровня).

Хабаровска, Якутска и т.д.» в контексте ТЦМ эквивалентно выражению «расстояние между ЦМ 1-го уровня и i-м ЦМ n-го уровня иерархии, выраженное в стоимостных единицах». Экономическая составляющая авиа- или любых других перевозок в теории центральных мест не играет роли – в отличие от теории экономического ландшафта (ТЭЛ). Несмотря на схожие геометрические построения это – разные теории с разной аксиоматикой, в связи с чем перенос функциональных характеристик рассматриваемых объектов из исследований в рамках ТЦМ в исследования в рамках ТЭЛ (и наоборот) логически и методологически неверен.

Установленные в нашем исследовании границы распределенных (многоядерных) ЦМ Азиатской России достаточно условны и могут меняться. Однако полученные результаты свидетельствуют, что людность городов этого макрорегиона в административных границах недостаточна для формирования устойчивых и разветвленных систем ЦМ. В этой связи предложение С.К. Шойгу, высказанное в 2021 г., представляется оправданным[74], поскольку, по словам В.Н. Лексина, говорит «не столько о строительстве новых городов-миллионников (а именно так это было сначала воспринято в СМИ), сколько о достраивании ряда агломераций средними по численности населения городами» [Ивантер, 2021] (здесь явно в первую очередь подразумеваются города с людностью в несколько сотен тысяч жителей, а не только 50–100 тыс., как в общепринятой классификации). Таким образом, как было показано выше с экистических позиций – то есть с точки зрения ТЦМ, увеличение численности населения крупнейших городов Азиатской России объективно необходимо как для остановки структурного вырождения региональных систем расселения макрорегиона, так и для их дальнейшего положительного развития.

Следует однако рассматривать не только среднесрочную, но и долгосрочную перспективу. Если в среднесрочной перспективе развитие систем расселения на макроуровне предполагает достраивание систем ЦМ Сибири и Дальнего Востока, особенно последней, то в более отдаленной перспективе

---

[74] Здесь мы не говорим о его экономической составляющей.

должна ставиться задача по формированию единой бицентричной системы ЦМ, возглавляемой Большим Новосибирском на западе и Большим Владивостоком на востоке. Они станут третьим и четвертым городами России, Большой Новосибирск – континентальным Петербургом, обращенным во внешнеполитическом плане на юг, к Казахстану, Средней Азии, а также к Индии благодаря авиаперевозкам продукции с высокой добавленной стоимостью и, разумеется, пассажирским сообщениям. Большому Владивостоку суждено стать тихоокеанским Петербургом, окном не в угасающую Европу, а в бурно развивающуюся Азию. Он уже стал привлекательным для жителей Восточной Азии как ближайший европейский город.

Необходимое условие для формирования этих двух агломераций – развитие внутриагломерационного транспорта, причем решение столь масштабной задачи едва ли может быть достигнуто исключительно традиционными методами. Потребуется создание скоростного и при этом относительно дешевого (легкого) пассажирского транспорта, поскольку низкая численность населения и низкая его плотность накладывают самые серьезные ограничения на использование зарубежного опыта, прежде всего китайского, в деле организации высокоскоростного железнодорожного сообщения. Между тем только возможность в течение дня посетить любое из ядер многоядерной агломерации, рассматриваемой как распределенное ЦМ, и вернуться обратно обеспечит необходимый синергетический эффект, сделает города частью единого организма.

Разработка принципиально новых транспортных систем и транспортных средств, которые в случае успеха найдут широкое применение и в других городах, а также в других странах, станет нетривиальной творческой задачей, способной придать мощный импульс развитию науки и практики, прежде всего в Сибири. Это полностью соответствует представлениям об освоении территории как о венчурном процессе, сформулированным А.Н. Пилясовым (Пилясов, 2009). Дух фронтира способствует поиску нетривиальных решений. Возможно, что они будут получены именно там, где наиболее необходимы. Наконец, потребуется существенный прорыв в развитии сам*о*й ТЦМ, в настоящее время не приспособленной для описания систем расселения, не имеющих единого центра.

***

Таким образом, на примере Новой Зеландии нам удалось эмпирически подтвердить теоретические выкладки главы 3: иерархия по Кристаллеру может начать формироваться буквально с первых лет существования системы расселения, в то время как возможное соответствие зипфовскому распределению лишь ухудшается по мере развития системы ЦМ. Смена лидера системы по численности населения происходит преимущественно на самых ранних этапах ее развития. При этом возникавшая до этого структура может подвергнуться значительным изменениям, для восстановления потребуется время. Вполне вероятно, что системы ЦМ характеризуются наличием «памяти» как зависимости от прошлых состояний: система запоминает оптимальные варианты иерархии как характеристики аттракторных «состояний» и стремится повторить их в случае нарушения и последующего восстановления.

На примере Эстонии показано, что административные преобразования систем расселения сверху хоть и оказывают достаточно большое влияние на ход эволюции системы ЦМ, но могут не приводить к критическим изменениям. Это связано с тем, что система ЦМ имеет определенный запас прочности, в некоторой степени даже унаследованную структуру, которую не так легко разрушить в рамках континуального развития. При изменениях в ходе эволюции наиболее устойчивыми и приспособленными к ним оказываются более высокие уровни иерархии, следствием чего является не обязательное их чередование[75] даже в устойчивой системе по принципу «тяжелый – легкий – тяжелый» и т.д. Чем выше в иерархии расположен уровень, тем быстрее он при прочих равных условиях адаптируется к изменениям типа структуры, то есть тем скорее показатель изостатического равновесия для него становится близким к 1; количественные

[75] Установленное в работах наших предшественников.

изменения этого показателя для 2-го уровня иерархии свидетельствуют о достаточно скором изменении типа структуры всей системы, которая начнется именно с верхних уровней.

На примере российского Дальнего Востока подтверждена предложенная на теоретическом уровне схема отрицательной непрерывной эволюции систем ЦМ. Показано, что реформа 2018 г. не только не привела к структурному улучшению системы расселения Дальнего Востока России, но даже ухудшила ее. Имеет место «субсидирование» пассажирских авиаперевозок в Улан-Удэ и Читу в некоторой степени в ущерб «старым» его центрам – Хабаровску, Комсомольску-на-Амуре и Якутску. При этом главная проблема системы ЦМ Дальнего Востока состоит не столько в недостаточном населении, сколько в огромных расстояниях между ЦМ уровней иерархии.

ГЛАВА 5. ДИСКРЕТНОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕСТ

Под дискретным развитием подразумеваются революционные изменения – которые идут вразрез с выявленной траекторией континуального развития. Дискретное развитие изучается нами лишь в связи с возвращением системы после этих непредсказуемых изменений структуры к логической последовательности континуального развития, представленной в таблице 2.3.1. В работе революционные изменения детально не рассматриваются, поэтому достаточно сложно предложить перечень всех возможных состояний систем ЦМ в рамках дискретного развития. Мы разберем лишь несколько из них: разнонаправленную эволюцию (на примере Лесото), объединение независимых систем (на примере Йемена) и распад единой системы (на примере северо-восточной Индии).

Лесото представляет собой уникальный пример развития систем ЦМ. Анклавное состояние, с одной стороны, затрудняет его рассмотрение из-за того, что достаточно сложно выделить систему ЦМ анклава в «чистом» виде. С другой – если анклав относительно самостоятелен, то территориальная замкнутость будет положительно проявляться в том, что никакие иные внешние расселенческие факторы не оказывают влияния на развитие системы его расселения. В случае Лесото мы будем иметь дело прежде всего со второй, положительной стороной анклавности. В историко-геополитическом отношении она проявляется в том, что Лесото, несмотря на весьма тесные отношения с ЮАР, фактически никогда не была ее частью. Современные границы Лесото были сформированы в 1868–1869 гг. в рамках мирного договора между бурами и Великобританией; Басутоленд (нынешнее Лесото) стал самостоятельным протекторатом, лишь в период с 1871 по 1874 гг. он входил в состав Капской колонии на правах резервата. Крайне важной представляется и физико-географическая сторона анклавности Лесото (особенно – в колониальный период): б*о*льшая часть территории страны расположена выше 1400 м над уровнем моря, что естественным образом разграничивало районы проживания басуто и наиболее активных в военном отношении европейских переселенцев и некоторых народов

Южной Африки. В качестве основной проверяемой гипотезы в настоящем параграфе фигурирует предположение А.А. Важенина о росте значения *K* по мере роста уровня урбанизированности, в значительной степени отвергнутое нами (по крайней мере в качестве общего правила) на теоретическом уровне в параграфе 2.2.

Один из вариантов дискретной эволюции – объединение систем ЦМ, ранее развивавшихся в значительной степени независимо друг от друга. В качестве основного условия при отборе объекта исследования выдвигается наличие статистической базы. Учитывая это обстоятельство, нам остается лишь выбрать для рассмотрения один из двух случаев: развитие систем Германской Демократической Республики и Федеративной Республики Германия или же Йеменской Арабской Республики (ЙАР, или Северного Йемена) и Народной Демократической Республики Йемен (НДРЙ, или Южного Йемена)[76]. Предполагая на основе [Важенин, 2020], что в первом случае можно ожидать объединения двух систем, находящихся на достаточно высокой ступени развития, мы сосредоточим внимание на втором случае – рассмотрении первоначально самостоятельных систем ЦМ Северного и Южного Йемена, объединившихся в дальнейшем в единую систему.

Еще один вариант дискретного развития системы ЦМ – ее распад. В этом случае могут образоваться две или более независимых системы, однако нам хотелось бы рассмотреть особый случай, отражающий влияние распада не на одну из новых систем в целом, а на ее часть. Таковой будет выступать система расселения не всей страны, а сформировавшася в границах одного из ее регионов. Наиболее удачным, на наш взгляд, примером в данном случае является Северо-Восточная Индия, или «Семь сестер» – семь штатов нынешней Индии, которые оказались почти отрезанными от остальной территории страны после разделения в 1947 г. Британской Индии на Индийский Союз и Пакистан. В качестве единственной транспортной соединяющей магистрали выступает коридор

[76] Можно было бы рассмотреть также Северный и Южный Вьетнам, однако в период их существования переписи населения здесь не проводились [Banens, 1999].

Силигури, позволяющий обойти территорию Бангладеш (Восточного Пакистана, получившего независимость в 1971 г.) и попасть из основной части Индии в северную часть штата Западная Бенгалия, Сикким и в штаты группы «Семи сестер» – Ассам, Аруначал-Прадеш, Мегхалаю, Нагаленд, Манипур, Мизорам и Трипуру.

5.1. Разнонаправленная эволюция: пример Лесото

Наибольший интерес для нас представляет постколониальный период развития системы расселения Лесото – с 1966 г. и до наших дней. Переписи населения страны проводятся каждые 10 лет, начиная с года получения ею независимости. К этому моменту система населения Лесото насчитывала лишь 12 городских поселений – при общей численности населения страны несколькими менее 1 млн человек и доле городского населения около 8%. Необходимо отметить, что существенно упрощает исследовательскую задачу количество городов в Лесото за рассматриваемый период: их число год от года составляет не менее 11 и не более 14: все они могут быть распределены по уровням иерархии без остатка – нераспределенного «хвоста». По методике, изложенной в главе 3, это было проделано для системы ЦМ Лесото за 1966–2016 гг. (Рисунок 5.1.1). Все ЦМ системы Лесото за весь рассматриваемый период распределяются по трем уровням иерархии – с 1-го по 3-й. Значения *K* для каждого уровня (1-го и 2-го) в условиях почти постоянного числа городов закономерно должны изменяться синхронно и обратно: иными словами, пополнение каждого уровня осуществляется только лишь благодаря переходу ЦМ со 2-го уровня на 3-й и в обратном направлении.

Пятидесятилетний период развития системы ЦМ Лесото можно разделить на два этапа (см. Рисунок 5.1.1): с 1966 по 1986 гг. и с 1996 по 2016 гг. К началу первого этапа при крайне низкой доле городского населения система ЦМ характеризовалась достаточно высокой степенью развитости: значение *K* для 1-го уровня иерархии составляло 6 (Таблица 5.1.1).

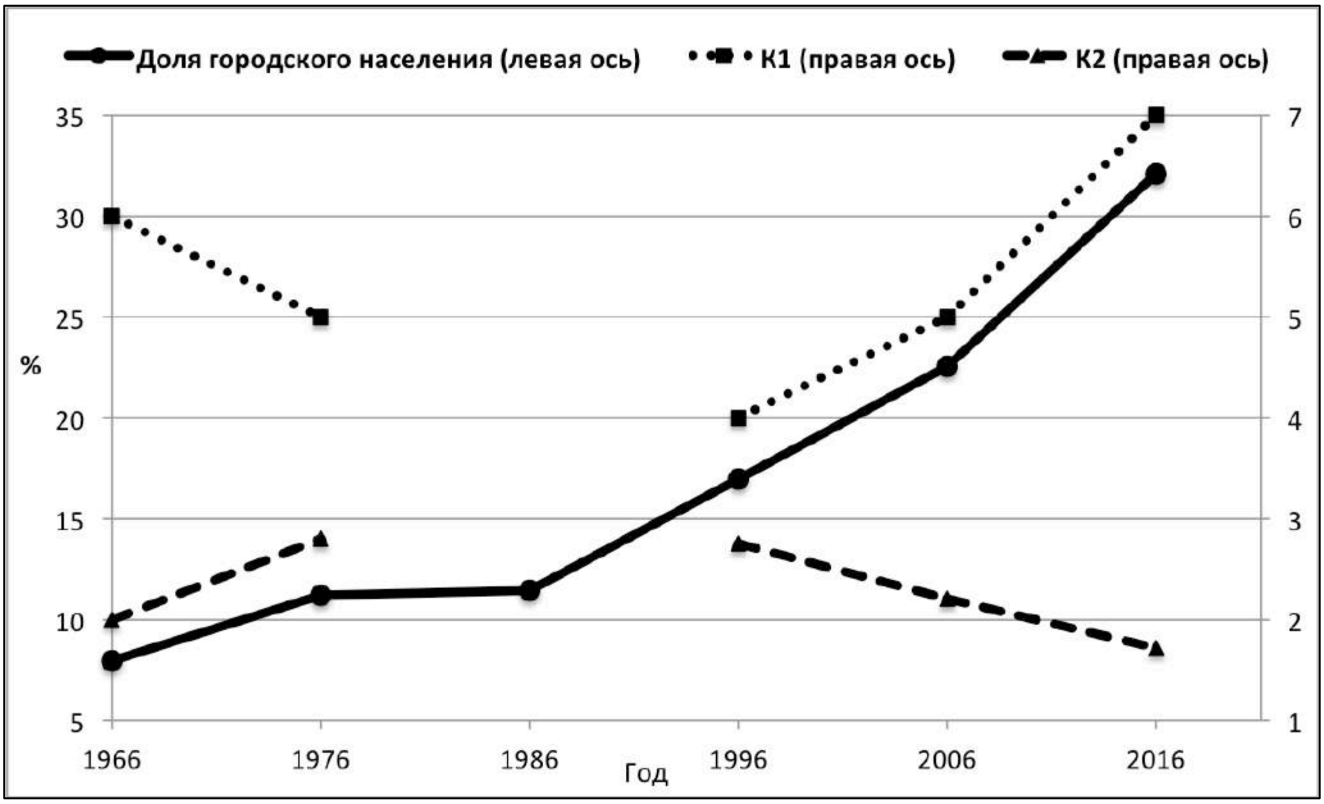


Рисунок 5.1.1 – Изменение доли городского населения и значения *К* для 1-го и 2-го уровней иерархии в системе ЦМ Лесото, 1966–2016 гг.
Составлено автором по: [Report of the Constituency …, 1985; Sembajwe, 1984; Leduka; Leduka, Crush, Frayne, 2015; Lesotho Census 2016].

Столь высокие значения показателей характерны для зрелых систем ЦМ (см. пример Эстонии), однако, как свидетельствует пример Лесото, это не всегда так. Более того, по мере роста уровня урбанизированности с 1966 по 1976 гг. значение K_1 снижалось, хотя, согласно предположению наших предшественников, такого происходить не должно. Структура идеальных решеток, соответствующих таковым для Лесото, представлены на Рисунке 5.1.2: более поздняя решетка преемственна по отношению к более ранней: одно ЦМ 2-го уровня стало ЦМ 3-го уровня, принадлежавшее ему ЦМ 2-го уровня оказалось переподчиненным другому ЦМ, а также возникли два новых ЦМ 3-го уровня. Однако такая ситуация складывается не всегда. Учитывая число уровней иерархии в системе ЦМ Лесото, идеальное значение показателя изостатического равновесия должно равняться 2.

Таблица 5.1.1 – Фрагменты опорных таблиц для системы ЦМ Лесото, 1966–1986 гг.*

1966 ГОД					
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*969.634*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1
Масеру	33.780				
Теятеяненг	6.687	40.467	0,042	0,035	1,249
Мафетенг	5.715	46.182	0,048	0,035	1,593
Бутха-Бутхе	5.656	51.838	0,053	0,035	2,198
Хлоцэ	4.135	55.973	0,058	0,035	3,058
Мохалес-Хук	3.971	59.944	0,062	0,035	4,922
1976 ГОД					
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.216.815*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1
Масеру	55.031				
Мапуцоэ	15.823	70.854	0,058	0,045	1,411
Теятеяненг	8.589	79.443	0,065	0,045	1,829
Мафетенг	8.278	87.721	0,072	0,045	2,572
Бутха-Бутхе	7.472	95.193	0,078	0,045	4,097
1986 ГОД					
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.216.815*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1
Масеру	109.200				
Теятеяненг	12.930	122.130	0,076	0,068	1,136
Мафетенг	12.180	134.310	0,084	0,068	1,305
Мапуцоэ	11.200	145.510	0,091	0,068	1,517
Мохалес-Хук	8.340	153.850	0,096	0,068	1,728
Хлоцэ	8.080	161.930	0,101	0,068	2,002
…	…	…	…	0,068	…

*Для систем 1966 и 1976 гг. представлены все ЦМ 1-го и 2-го уровней иерархии; для 1986 г. – часть ЦМ, не распределенных по уровням.

Рассчитано и составлено автором по: см. источники к Рисунку 5.1.1.

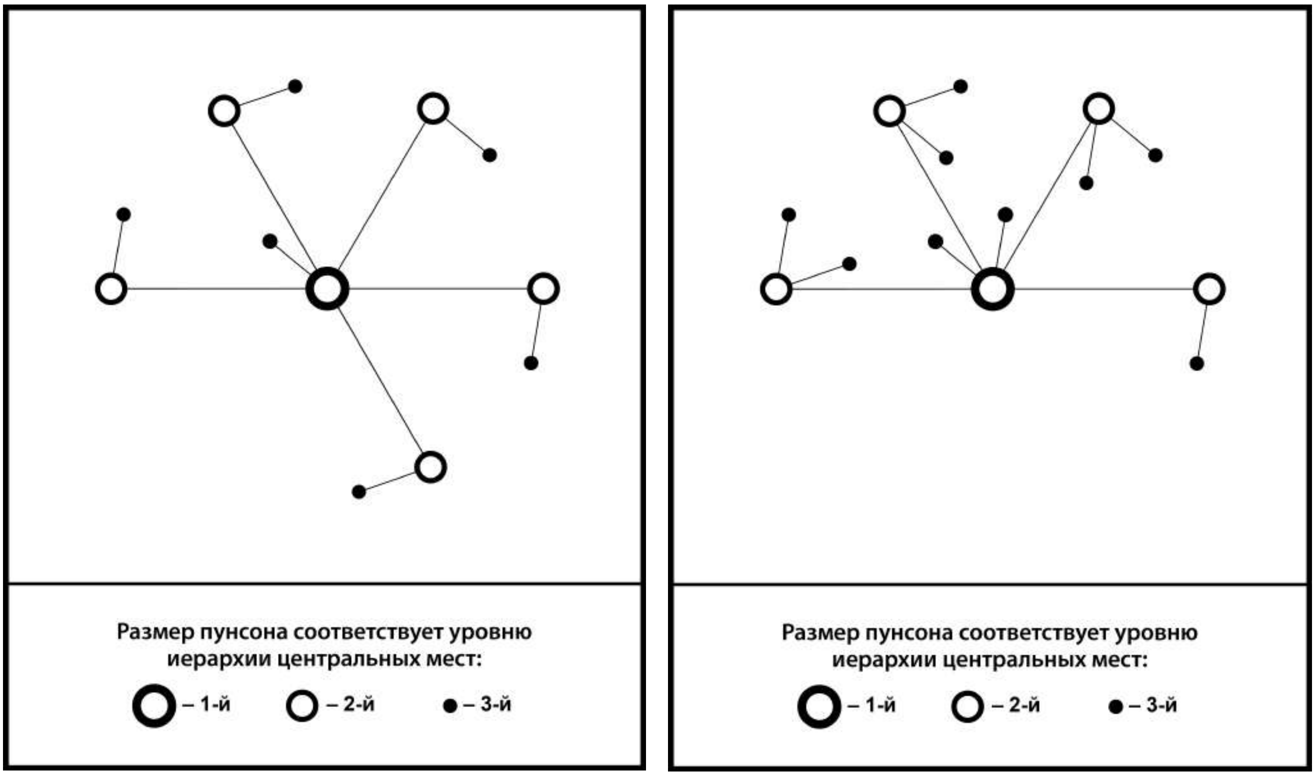


Рисунок 5.1.2 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Лесото в 1966 (слева) и 1976 гг.
Составлено автором.

Реальное значение составляло 1,711 и 1,606 для 1966 и 1976 гг. соответственно – значения не высокие, однако достаточно показательные. Более интересна тенденция к снижению значений – такое поведение системы весьма неожиданно, учитывая высокие значения *K* для 1-го уровня иерархии. Система пришла к такому уровню развития следующим образом: в колониальный период исключительно быстро рос только Масеру – это привело к гипертрофированности 1-го уровня иерархии. В дальнейшем некоторые города подтянулись до того уровня, который привел к развитию 2-го и 3-го уровней иерархии. Однако до смены лидера (как в случае Новой Зеландии) дело не дошло, а в 1976–1986 гг. рост численности Масеру оказался столь интенсивным, что прошлое увеличение людности остальных городов оказалось нивелированным: распределение ЦМ по 2-му и 3-му уровням иерархии фактически исчезло – см. разрыв графика на Рисунке 5.1.1 и отсутствие заливки в последнем столбце Таблицы 5.1.1. К 1996 г. система восстановила иерархию ЦМ по уровням (Таблица 5.1.2).

Таблица 5.1.2 – Фрагменты опорных таблиц для системы ЦМ Лесото, 1996–2016 гг.*

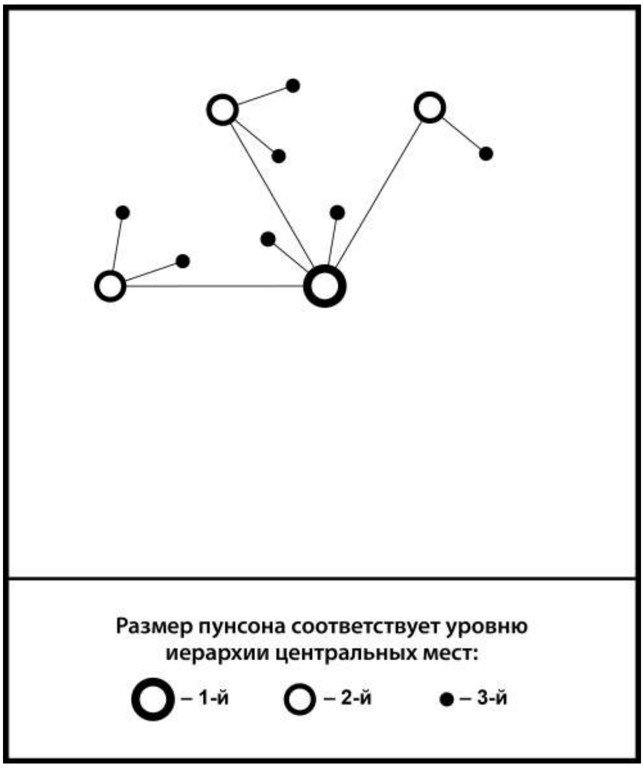
1996 ГОД					
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.841.967*	*Накопленная численность населения системы*			
Масеру	137.840		*φ*	*k*	***K*₁**
Теятеяненг	48.870	186.710	0,101	0,075	1,575
Мапуцоэ	27.950	214.660	0,117	0,075	2,402
Хлоцэ	23.120	237.780	0,129	0,075	4,352
2006 ГОД					
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.872.721*	*Накопленная численность населения системы*			
Масеру	195.300		*φ*	*k*	***K*₁**
Теятеяненг	61.270	256.570	0,137	0,104	1,483
Мафетенг	31.760	288.330	0,154	0,104	2,017
Мапуцоэ	31.363	319.693	0,171	0,104	3,205
Мохалес-Хук	27.690	347.383	0,185	0,104	6,962
2016 ГОД					
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*2.007.201*	*Накопленная численность населения системы*			
Масеру	330.760		*φ*	*k*	***K*₁**
Мапуцоэ	55.541	386.301	0,192	0,165	1,210
Мохалес-Хук	40.040	426.341	0,212	0,165	1,442
Мафетенг	39.754	466.095	0,232	0,165	1,802
Хлоцэ	38.558	504.653	0,251	0,165	2,419
Бутха-Бутхе	35.108	539.761	0,269	0,165	3,596
Цгутхинг	27.314	567.075	0,283	0,165	5,942

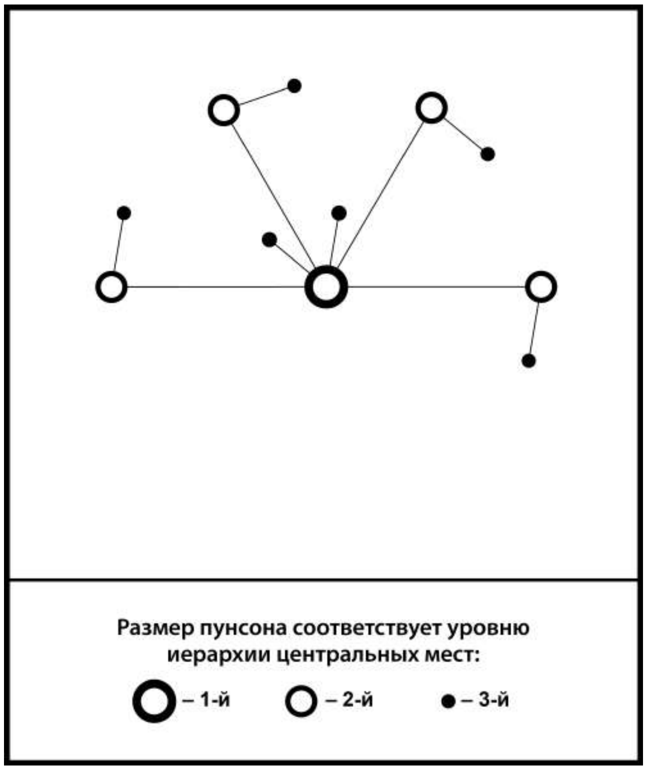
*Представлены все ЦМ 1-го и 2-го уровней иерархии.

Рассчитано и составлено автором по: см. источники к Рисунку 5.1.1.

При этом либо система единовременно пропустила структуры с $K_1 = 2$ и 3, либо же прошла их очень быстро – в любом случае, для любого из этих исходов системе хватило накопленной до коллапса энергии. Уже к 2006 г. она подошла со структурой, характерной для $K_1 = 5$, а еще через десятилетие – с $K_1 = 7$ – максимально возможной даже для развитых систем в рамках ТЦМ. Этот рост сопровождался увеличением доли городского населения, однако же столь высокое значение K было достигнуто раньше, чем это предполагали наши предшественники: в городах страны проживает 1/3 ее населения, а не почти 100% – как это должно было бы быть в случае устойчивого и фактически синхронного роста значений K и уровня урбанизированности. Сейчас Масеру уже не выглядит столь выделяющимся по численности своего населения, однако за увеличением всего за десятилетие – с 2006 по 2016 гг. – в 1,7 раза при достаточно низких темпах роста населения всей страны на фоне проблем с ВИЧ/СПИДом может последовать перестройка системы с падением значений K и далее – очередной виток его роста. Альтернативой такому сценарию может быть количественное (и качественное!) увеличение числа ЦМ на 3-м уровне иерархии: сейчас их явно не достаточно ни по числу, ни по суммарной людности (Рисунок 5.1.3). В пользу этого варианта говорит рост значения показателя изостатического равновесия с 1,396 в 1996 г. до 1,425 в 2006 г. и 1,492 в 2016 г.: система становится более устойчивой, хотя до достижения идеального состояния еще достаточно далеко.

Таким образом, на примере Лесото нам удалось эмпирически доказать, во-первых, установленную ранее на теоретическом уровне независимость структуры системы (показателя K) от текущего значения доли городского населения или направления его изменения. При этом установлено, что структура системы ЦМ изменяется циклически: периоды прогресса (высокие значения K) сменяются периодами спада (низкие значения K), часто – посредством революционных изменений старой и последующего построения новой структуры. Это приводит к тому, что в начале каждого нового цикла при низкой доле городского населения система может иметь достаточно сложную структуру или, наоборот – простую при высоком уровне урбанизированности.





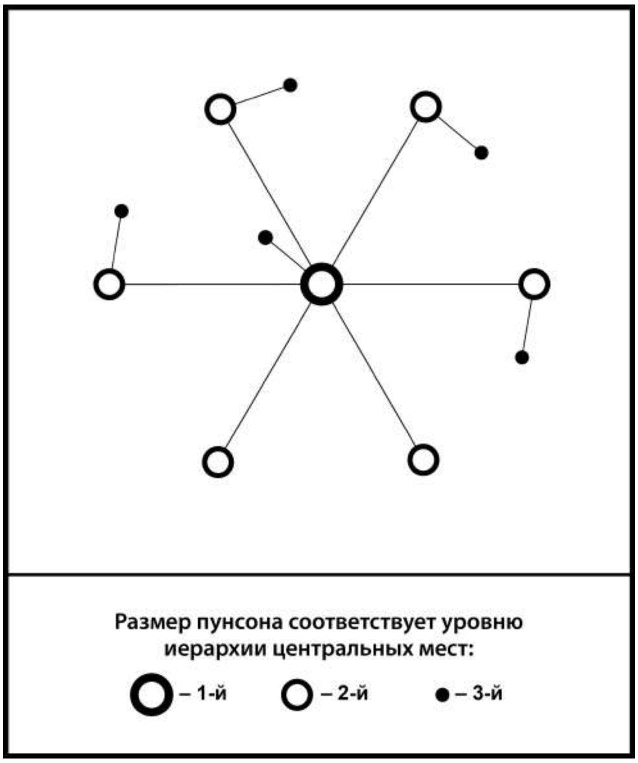


Рисунок 5.1.3 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Лесото в 1996 (слева сверху), 2006 (справа сверху) и 2016 гг. Составлено автором.

Также до изучения примера Лесото нами выдвигалась гипотеза, что расположение ЦМ 1-го уровня в центре или на окраине системы накладывает свой отпечаток на максимальное значение K: мы считали, что в том случае, если ЦМ 1-го уровня расположено на периферии, то формирование системы с $K = 7$ будет маловероятным, предпочтительнее будут промежуточные варианты организации – с $K = 3$ или $K = 4$. Из рисунка пространственной структуры идеального аналога системы ЦМ Лесото в 2016 г. видно, что расположение ЦМ 1-го уровня не определяет пространственную структуру системы ЦМ.

5.2. Объединение независимых систем: пример Йемена

Разумеется, йеменская статистическая база по своему качеству и регулярности сбора сведений уступает германской: переписи населения Северного Йемена проводились в 1975 и 1986 гг., Южного – в 1973 и 1988 гг. (однако в нашем распоряжении имеются данные лишь по переписям 1970-х годов), уже в рамках единого государства переписи были организованы в 1994 и 2004 гг. [Farhan]; перепись 2014 г. была отменена вследствие начавшегося военного конфликта между правительством страны и повстанцами-хуситами.

До объединения обе системы имели разные точки отсчета. Северный Йемен после поражения Османской империи в Первой мировой войне развивался в значительной степени самостоятельно – сначала в качестве Йеменского Мутаваккилийского королевства (с 1918 по 1962 гг.), затем – ЙАР (с 1962 по 1990 гг.). Южный Йемен, во-первых, был британским протекторатом и, во-вторых, не представлял собой единого политического образования – по крайней мере вплоть до получения независимости в 1967 г. Это наложило свой отпечаток на развитие двух систем: в 1975 г. в структуре первой имелось 17 ЦМ, распределенных по четырем уровням иерархии; в структуре второй в 1973 г. – лишь 3 ЦМ и два уровня[77] (Таблица 5.2.1). В то же время доля городского населения в Южном Йемене составляла 19,2% при $K_1 = 3$, а в Северном – лишь 6,7% при $K_1 = K_2 = 2$, что свидетельствует о достаточно высокой степени концентрации населения Южного Йемена в небольшом числе городов.

---

[77] В главе 3 было показано, что формирование кристаллеровской иерархии может начаться после появления в системе даже одного ЦМ (не считая уровня сельских поселений). Таким образом, система ЦМ Южного Йемена вполне может рассматриваться с позиции ТЦМ.

Таблица 5.2.1 – Опорные таблицы для систем ЦМ Южного (1973) и Северного (1975 г.) Йемена

Южный Йемен							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*1.590.275*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1	K_2	K_3
Аден	240.400						
Эль-Мукалла	45.000	285.400	0,179	0,151	1,240		
Сайун	20.000	305.400	0,192	0,151	1,397		
Северный Йемен							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*6.471.893*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1	K_2	K_3
Сана	134.600						
Ходейда	88.700	223.300	0,035	0,021	3,015		
Таиз	86.900	310.200	0,048	0,021	-2,926	2,976	
Дамар	21.000	331.200	0,051	0,021	-1,971	5,790	
Ибб	20.600	351.800	0,054	0,021	-1,490	87,426	1,188
Байт-эль-Faких	13.300	365.100	0,056	0,021	-1,287	-10,723	1,354
Ярим	80.00	373.100	0,058	0,021	-1,189	-6,392	1,478
Забид	7.600	380.700	0,059	0,021	-1,108	-4,616	1,620
Баджиль	7.300	388.000	0,060	0,021	-1,041	-3,642	1,784
Рада	6.900	394.900	0,061	0,021	-0,984	-3,035	1,974
Эль-Маравиа	6.800	401.700	0,062	0,021	-0,933	-2,606	2,207
Эль-Байда	6.500	408.200	0,063	0,021	-0,889	-2,295	2,487
Хадджа	6.300	414.500	0,064	0,021	-0,851	-2,057	2,837
Амран	5.400	419.900	0,065	0,021	-0,820	-1,889	3,226
Эз-Зайдия	5.300	425.200	0,066	0,021	-0,792	-1,748	3,730
Саада	4.600	429.800	0,066	0,021	-0,769	-1,642	4,316
Эль-Махвит	2.600	432.400	0,067	0,021	-0,757	-1,587	4,738

Рассчитано и составлено автором по: [Brinkhoff].

Среди них выделялся Аден, который как важнейший порт не только был выделен в отдельную административно-колониальную единицу, но и долго время управлялся из Индии. Пространственная структура идеального аналога обеих систем представлена на Рисунке 5.2.1. При этом система ЦМ Южного Йемена была довольно неустойчива: значение показателя изостатического равновесия составляло лишь 0,454 при идеальном значении, равном 1. Второй уровень иерархии был либо недозаполнен, либо численность двух его ЦМ составляла менее половины от теоретически предсказанной.

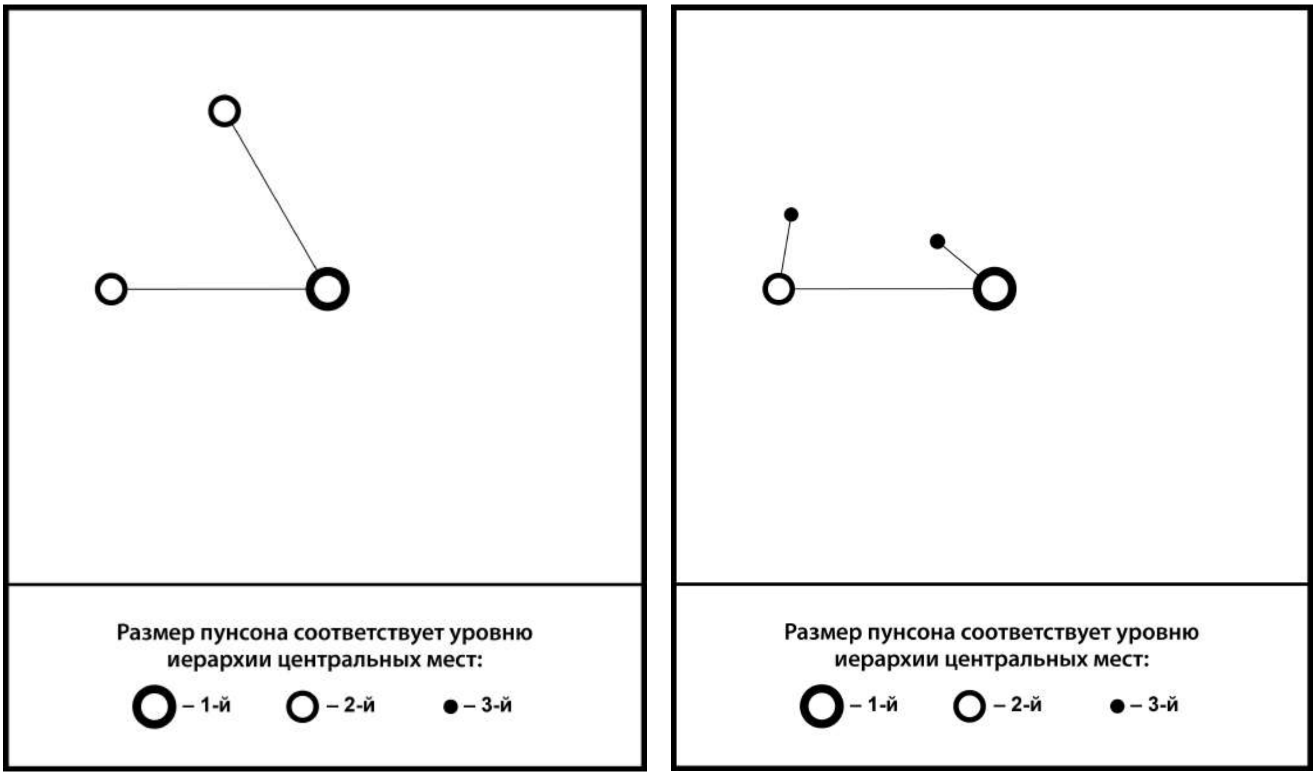


Рисунок 5.2.1 – Структура идеальной решетки, соответствующей системам ЦМ Южного (слева) и Северного* Йемена в 1973 и 1975 гг. соответственно

*Представлены ЦМ, принадлежащие уровням иерархии с 1-го по 3-й.

Составлено автором.

В то же время система ЦМ Северного Йемена была более стабильной: значение показателя изостатического равновесия составляло 3,173 при идеальном значении, равном 3. При этом численность населения 2–4-го уровней иерархии превышала теоретически предсказанную, однако ЦМ 3-го и 4-го уровней находились от ЦМ 1-го уровня дальше, чем это должно быть в теории. Таким образом, говоря о высказанном в [Шупер, 1995а] предположении о чередовании уровней иерархии по численности их населения в виде «легкий–тяжелый», мы еще раз не находим ему подтверждения – по крайней мере как общего правила.

В 1990 г. Южный и Северный Йемен объединились в Йеменскую Республику, или Йемен. Если обратиться к пространственной структуре идеальных решеток, соответствующих реальным системам расселения Северного и Южного Йемена, то после объединения в лучшем случае могла сложиться следующая ситуация: одно ЦМ 1-го уровня, три ЦМ 2-го уровня и два ЦМ 3-го уровня. Однако, как следует из Таблицы 5.2.2 и Рисунка 5.2.2, оптимальный сценарий не имел места быть.

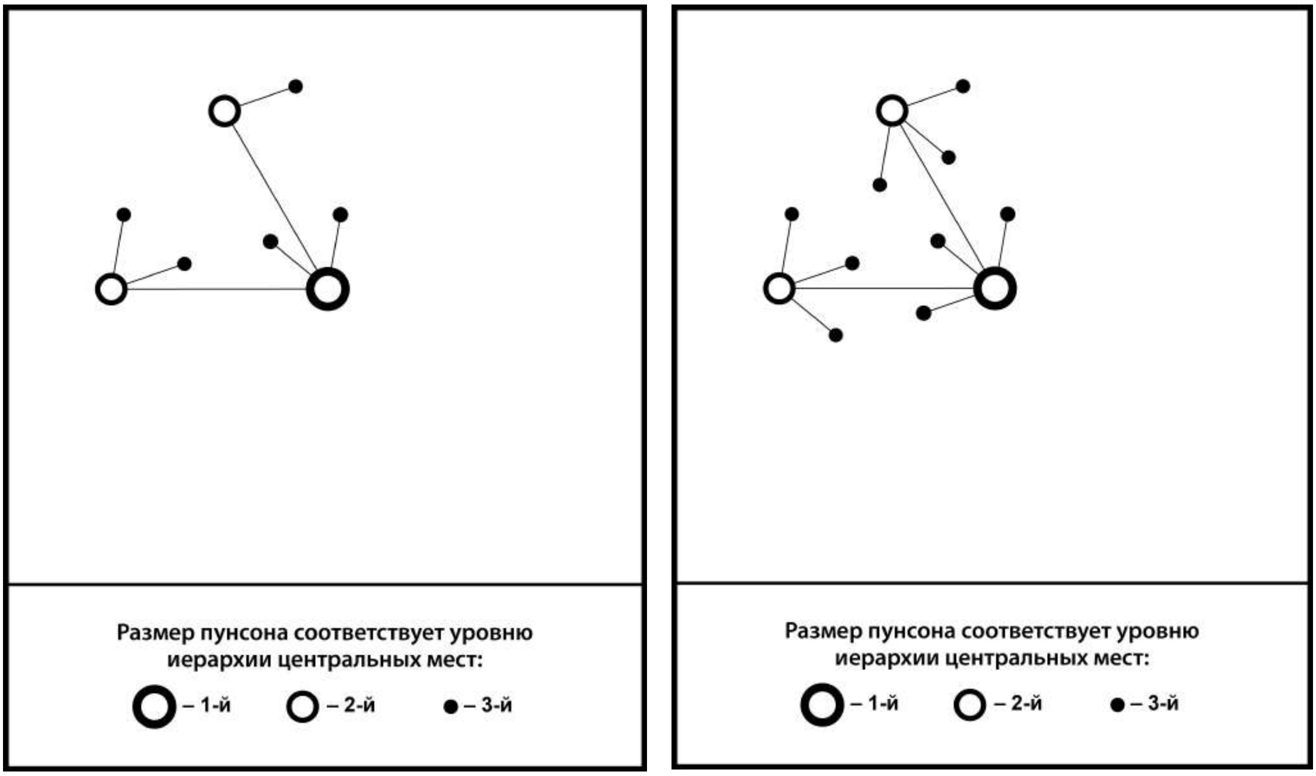


Рисунок 5.2.2 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Йемена в 1994 (слева) и 2004 гг.
Составлено автором.

Таблица 5.2.2 – Фрагменты опорных таблиц для системы ЦМ Йемена в 1994 и 2004 гг.*

1994 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*14.587.807*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1	K_2
Сана	954.448					
Аден	398.294	1.352.742	0,093	0,065	1,754	
Таиз	317.571	1.670.313	0,115	0,065	4,798	
Ходейда	298.452	1.968.765	0,135	0,065	-6,750	1,510
Эль-Мукалла	122.359	2.091.124	0,143	0,065	-3,342	1,927
Сайун	111.728	2.202.852	0,151	0,065	-2,274	2,592
Ибб	103.312	2.306.164	0,158	0,065	-1,748	3,839
Дамар	82.920	2.389.084	0,164	0,065	-1,471	6,315
2004 ГОД						
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*19.685.161*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1	K_2
Сана	1.707.531					
Аден	588.938	2.296.469	0,117	0,087	1,554	
Таиз	466.968	2.763.437	0,140	0,087	2,915	
Ходейда	409.994	3.173.431	0,161	0,087	15,316	1,354
Ибб	212.992	3.386.423	0,172	0,087	-11,833	1,673
Эль-Мукалла	182.478	3.568.901	0,181	0,087	-4,630	2,111
Дамар	146.346	3.715.247	0,189	0,087	-3,090	2,685
Амран	77.825	3.793.072	0,193	0,087	-2,620	3,146
Баджиль	55.760	3.848.832	0,196	0,087	-2,361	3,592
Саада	51.870	3.900.702	0,198	0,087	-2,160	4,142
Рада	51.087	3.951.789	0,201	0,087	-1,993	4,883
Сайун	49.083	4.000.872	0,203	0,087	-1,854	5,905

* Представлены ЦМ, принадлежащие уровням иерархии с 1-го по 3-й.

Рассчитано и составлено автором по: [там же; Yemen …].

Если говорить о пространственной структуре образовавшейся единой системы, то фактически система ЦМ Северного Йемена оказалась присоединенной к системе ЦМ Южного Йемена с заменой ЦМ 1-го уровня. Значение K_1 не изменилось и составило 3,000; а значение K_2 повысилось с 2,000 до 2,667. Сразу после объединения двух систем новая система ЦМ оказалась очень устойчивой – гораздо более устойчивой, чем образовавшие ее системы в отдельности: значение показателя изостатического равновесия при распределении ЦМ по четырем уровням иерархии составило 2,959 при идеале в 3,000. К 2004 г. структура системы ЦМ Йемена изменилась мало: значение K_1 осталось прежним – 3,000, однако K_2 увеличилось до 4,000. При этом степень устойчивости системы уменьшилась: значение показателя изостатического равновесия унизилось до 2,492. Это свидетельствует, во-первых, о том, что далеко не всегда равновесное состояние (при значении указанного показателя, близкого к идеальному) оказывается закрепленным системой на долгое время – скорее это зависит от ее индивидуальных характеристик. Во-вторых, о том, что система находится в состоянии перехода к иному варианту структуры. Вполне вероятно, что следующим шагом будет переход от состояния с $K_1 = 3$ к $K_1 = 4$. В случае Йемена мы можем говорить о приблизительном выполнении закономерности, отражающей усложнение структуры системы (рост значения K) по мере роста уровня урбанизированности. Однако, как было показано ранее, подобная ситуация – далеко не общее правило, а, скорее, локальное исключение.

Таким образом, влияние дискретизирующего поступательную эволюцию объединения двух систем ЦМ достаточно быстро сходит на нет: единая система быстро восстанавливает континуальный характер своего развития. Это особенно характерно для систем, устойчивость которых в рамках раздельной эволюции была низкой. При этом далеко не всегда равновесное состояние (при значении показателя изостатического равновесия, близкого к идеальному) оказывается закрепленным на долгое время, а реальная численность населения уровней не обязательно должна регулярно превышать (для нечетных уровней) и оказываться ниже (для четных уровней) теоретически предсказанной на основе ТЦМ.

5.3. Распад единой системы: пример северо-восточной Индии

Статистический учет населения в Индии – как и почти во всех странах, некогда бывших британскими колониями – ведется на очень высоком уровне [Дмитриев, 2013]. Первая относительно полная перепись населения страны была проведена в 1881 г. (ей предшествовала перепись 1871 г., формально проводившаяся с 1867 по 1876 гг.), в дальнейшем они проводились каждые 10 лет без исключений[78]. Интересующий нас период будет охватывать последняя перепись единой Британской Индии 1941 г., а также все последующие индийские переписи – начиная с первой после получения независимости в 1951 г. и заканчивая последней 2011 г. [Горохов, Дмитриев, 2013]. Перед переписью 1941 г. изучаемые территории принадлежали двум провинциям Британской Индии – Бенгалии и Ассаму; некоторую трудность представляет то, что граница после получения Индией и Пакистаном независимости хоть и пролегла в этом районе в основном по прошлой границе между провинциями, но не на всем своем протяжении. Иными словами, некоторые части провинции Бенгалия оказались после 1947 г. в составе Северо-Восточной Индии, некоторые же части провинции Ассам – в составе Восточного Пакистана. Это привело к необходимости в нашем исследовании унифицировать границы и учитывать в составе Северо-Восточной Индии в 1941 г. только те поселения, которые административно принадлежат ей с 1951 г. Основные изменения при этом связаны с учетом в составе провинции Ассам в 1941 г. большей части Трипуры, фактически входившей в состав провинции Бенгалия; значительная часть округа Силхет, входившего в Ассам, наоборот, не учитывалась, поскольку отошла после разделения Британской Индии к Восточному Пакистану. Рассматриваемые границы 1951 г. являются по своей сути межрелигиозными, поскольку проведены они были – как и в большинстве случаев при делимитации границы между Индийским Союзом и Пакистаном – по религиозному признаку, оставляя мусульман с одной стороны, а индуистов,

---

[78] Первым из них стала перепись 2021 г., которая будет проведена – по предварительным данным – в 2022 г. вследствие ограничений, связанных с пандемией Covid-19.

христиан и адептов этнических религий – с другой. Далее мы будем рассматривать дискретную эволюцию системы ЦМ Северо-Восточной Индии, населенных преимущественно не-мусульманами [Горохов, Дмитриев, 2015].

В 1941 г. система ЦМ Северо-Восточной Индии, несмотря на достаточно низкий уровень урбанизированности (менее 5%), характеризовалась значением $K_1 = 4$, а также K_2 и K_3 нескольким более 2 (Рисунок 5.3.1, Таблица 5.3.1). При этом все выделяемые зависимые уровни иерархии (со 2-го по 4-й) оказались «тяжелыми», то есть реальная численность их населения была выше теоретически предсказанной. Для системы 1941 г. (как, впрочем, и всех последующих лет) характерно абсолютное преобладание ЦМ, расположенных в пределах современного штата Ассам; остальные штаты представлены на 2–4-м уровнях иерархии преимущественно лишь своими административными центрами.

Однако это правило не распространяется на 1-й уровень иерархии: в 1941 г. со 100-тысячным населением его занимал Импхал – административный центр нынешнего штата Манипур. Он представлял собой важный форпост Британии в Северо-Восточной Индии: здесь было расквартировано большое количество английских военных, которые впервые за время Второй мировой войны подорвали гегемонию японцев в этом районе в результате битвы при Импхале.

Тем не менее после получения независимости все британские солдаты покинули Импхал, и к моменту переписи 1951 г. численность его населения уменьшилась в 35 раз – почти до 3 тыс. жителей. Его место занял город, снова расположенный вне современного Ассама – Шиллонг (штат Мегхалая). При этом, несмотря на то, что площадь системы расселения после получения независимости изменилась мало, вместо сравнительно устойчивой в 1941 г. (значение показателя изостатического равновесия составляло 3,489 при оптимуме в 3,000) к 1951 г. образовалась достаточно примитивная в структурном отношении (2–4-й уровни иерархии занимали по одному ЦМ – Рисунок 5.3.1, Таблица 5.3.2) и весьма неустойчивая система (значение показателя изостатического равновесия составило 2,086 при том же оптимуме).

Таблица 5.3.1 – Фрагмент опорной таблицы для системы ЦМ Северо-Восточной Индии в 1941 гг.

Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*8.858.624*	*Накопленная численность населения системы*	φ	k	K_1	K_2	K_3
Импхал	99.716						
Шиллонг	30.734	130.450	0,015	0,011	1,448		
Гаухати	29.598	160.048	0,018	0,011	2,559		
Дибругарх	23.191	183.239	0,021	0,011	6,480		
Барпета	18.466	201.705	0,023	0,011	-28,699	1,231	
Агартала	17.693	219.398	0,025	0,011	-4,611	1,581	
Силчар	16.601	235.999	0,027	0,011	-2,575	2,162	
Наугонг	12.972	248.971	0,028	0,011	-1,913	3,036	
Дхубри	12.699	261.670	0,030	0,011	-1,527	5,034	
Тезпур	11.879	273.549	0,031	0,011	-1,284	13,160	1,138
Джорхат	11.664	285.213	0,032	0,011	-1,110	-22,336	1,318
Тинсукия	8.338	293.551	0,033	0,011	-1,012	-7,616	1,486
Каримгандж	7.813	301.364	0,034	0,011	-0,935	-4,705	1,688
Гоалпара	7.793	309.157	0,035	0,011	-0,868	-3,405	1,953
Сибсагар	7.559	316.716	0,036	0,011	-0,812	-2,684	2,304
Ганрипур	5.783	322.499	0,036	0,011	-0,774	-2,309	2,673
Голагхат	5.470	327.969	0,037	0,011	-0,741	-2,040	3,151
Лумдинг	3.864	331.833	0,037	0,011	-0,719	-1,884	3,607
Паласбари	3.692	335.525	0,038	0,011	-0,699	-1,756	4,187
Налбари	3.578	339.103	0,038	0,011	-0,681	-1,647	4,959
Кохима	3.507	342.610	0,039	0,011	-0,664	-1,553	6,055

Рассчитано и составлено автором по: [Dutch, 1942; Marar, 1942].

Таблица 5.3.2 – Фрагменты опорных таблиц для системы ЦМ Северо-Восточной Индии в 1951–1971 гг.

1951 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*10.530.157*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	***K*₁**	***K*₂**	***K*₃**
Шиллонг	53.756						
Гаухати	43.615	97.371	0,009	0,005	5,398		
Агартала	42.595	139.966	0,013	0,005	-1,621	4,974	
Дибругарх	37.991	177.957	0,017	0,005	-0,747	-1,934	3,511
1961 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*14.500.325*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	***K*₁**	***K*₂**	***K*₃**
Гаухати	136.239						
Шиллонг	72.438	208.677	0,014	0,009	2,148		
Импхал	67.717	276.394	0,019	0,009	-25,720	2,008	
Дибругарх	58.480	334.874	0,023	0,009	-2,090	16,469	1,771
Агартала	54.878	389.752	0,027	0,009	-1,118	-2,833	6,536
1971 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*19.581.524*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	***K*₁**	***K*₂**	***K*₃**
Гаухати	200.377						
Импхал	100.366	300.743	0,015	0,010	2,014		
Агартала	100.264	401.007	0,020	0,010	-85,208	2,023	
Шиллонг	87.659	488.666	0,025	0,010	-2,172	20,837	1,799
Дибругарх	80.348	569.014	0,029	0,010	-1,142	-2,741	6,883

Рассчитано и составлено автором по: [India Towns …, 2011].

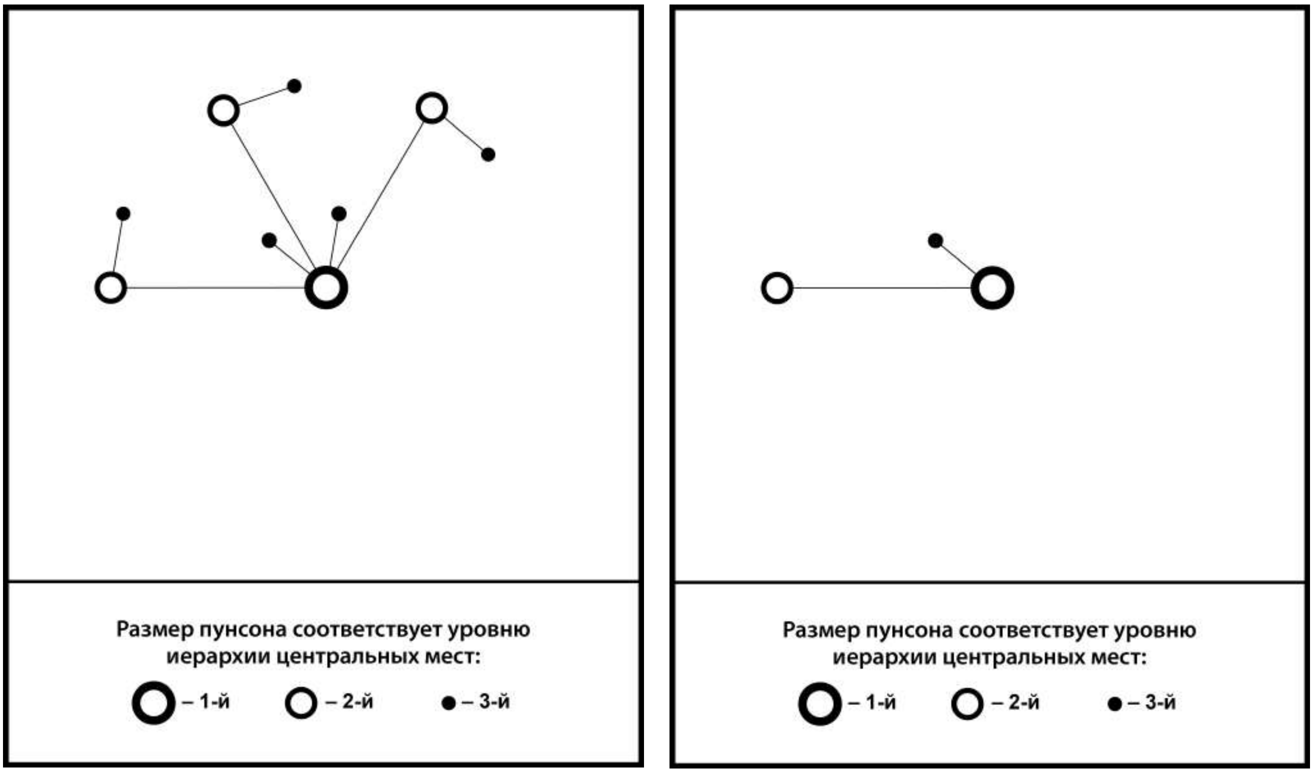


Рисунок 5.3.1 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Северо-Восточной Индии в 1941 (слева) и 1951–1981 гг.
Составлено автором.

Это состояние продлилось достаточно долго – по крайней мере на протяжении 40 лет, хотя в системе и произошли некоторые изменения. Во-первых, подтвердилась установленная нами на теоретическом уровне в главе 3 закономерность, отражающая возможность замены ЦМ 1-го уровня именно на ранних этапах эволюции – к 1961 г. лидером по людности стал ассамский Гаухати, который остается в этом статусе до настоящего времени.

Во-вторых, значения *K* для нижних уровней иерархии стали постепенно возрастать, но на общей пространственной структуре системы (с 1-го по 3-й уровни) это не отразилось (Рисунок 5.3.1). При этом сразу после коллапса системы ее устойчивость была достаточно низкой (значение показателя изостатического равновесия составляло 2,086 для 4 уровней иерархии при оптимуме в 3,000), еще более снизившись к 1961 г. (1,518 при том же оптимуме). Однако к 1971 г. после некоторой перетасовки ЦМ в рамках 2–4-го уровней иерархии значение соответствующего показателя даже превысило положенный оптимум (3,342). Выгодная в «энергетическом» отношении иерархия ЦМ была закреплена системой и продолжила свое существование в дальнейшем: к 1991 г. в первой пятерке городов по людности произошло лишь одно изменение; пространственная структура системы же изменилась существенно (Рисунок 5.3.2).

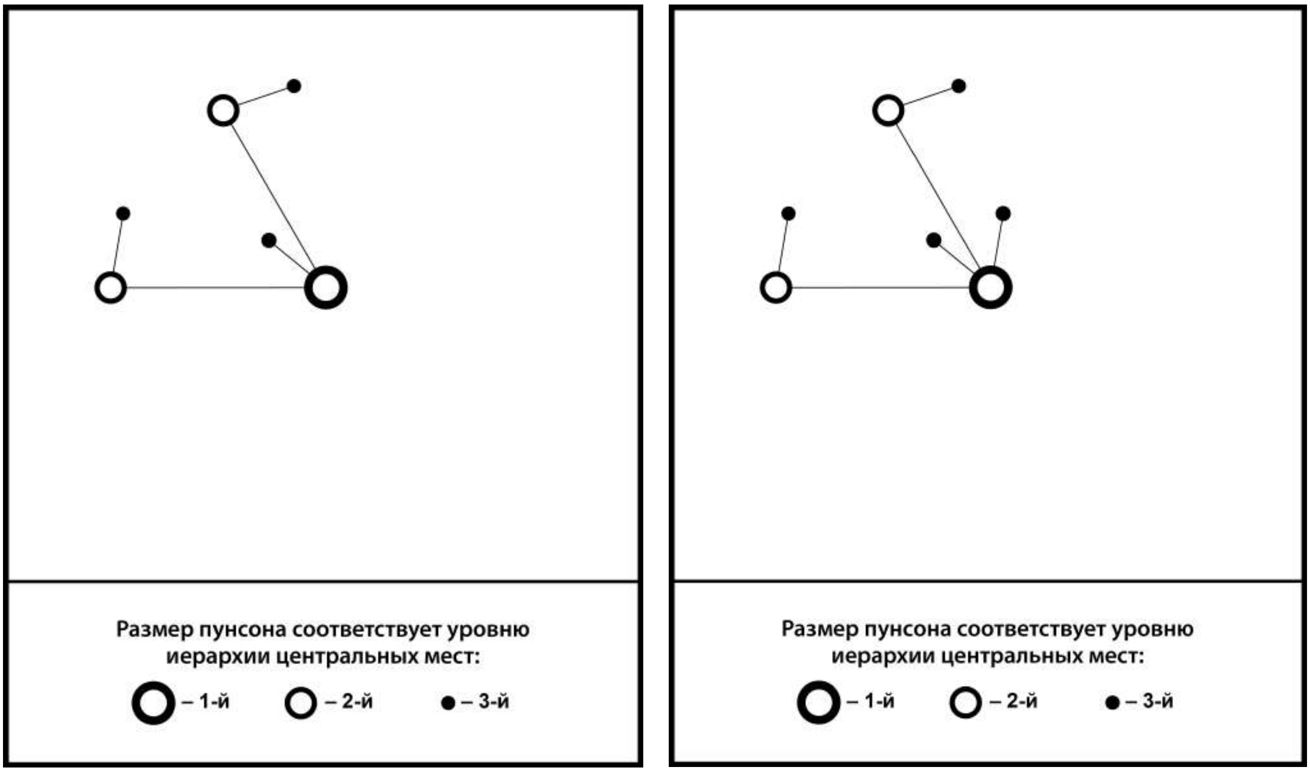


Рисунок 5.3.2 – Структура идеальной решетки, соответствующей системе ЦМ Северо-Восточной Индии в 1991 (слева) и 2001–2011 гг.
Составлено автором.

В 1991 г. система перешла от структуры, соответствующей $K_1 = 2$ к структуре с $K_1 = 3$ (Таблица 5.3.3). При этом в пятерке поселений–лидеров по численности населения изменения произошли весьма незначительные [Дмитриев, 2014c]: по всей вероятности, говоря о «памяти» системы (упомянутой в параграфе 4.1), таковую действительно можно определять как зависимость нынешнего состояния от ее прошлого – причем прошлого оптимального в структурном отношении.

Таблица 5.3.3 – Опорные таблицы для системы ЦМ Северо-Восточной Индии 1991 и 2001 гг.

1991 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*31.547.314*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	***K*₁**	***K*₂**	***K*₃**
Гаухати	584.342						
Импхал	198.535	782.877	0,025	0,019	1,520		
Агартала	198.320	981.197	0,031	0,019	3,205		
Айджал	155.240	1.136.437	0,036	0,019	26,293	1,371	
Шиллонг	131.719	1.268.156	0,040	0,019	-5,085	2,009	
Дибругарх	120.127	1.388.283	0,044	0,019	-2,424	3,512	
Силчар	115.483	1.503.766	0,048	0,019	-1,609	12,764	1,256
Джорхат	93.814	1.597.580	0,051	0,019	-1,262	-11,047	1,588
Наугонг	93.350	1.690.930	0,054	0,019	-1,037	-3,852	2,160
Тинсукия	73.918	1.764.848	0,056	0,019	-0,909	-2,537	3,030
Дхубри	66.216	1.831.064	0,058	0,019	-0,818	-1,940	4,751
2001 ГОД							
Численность населения системы (человек), в т.ч.:	*38.316.918*	*Накопленная численность населения системы*	*φ*	*k*	***K*₁**	***K*₂**	***K*₃**
Гаухати	809.895						
Агартала	269.492	1.079.387	0,028	0,021	1,504		
Айджал	228.280	1.307.667	0,034	0,021	2,652		
Импхал	221.492	1.529.159	0,040	0,021	10,577	1,387	
Силчар	156.948	1.686.107	0,044	0,021	-9,280	1,917	
Дибругарх	133.571	1.819.678	0,047	0,021	-3,555	2,855	
Шиллонг	132.867	1.952.545	0,051	0,021	-2,197	5,595	
Джорхат	120.415	2.072.960	0,054	0,021	-1,629	45,164	1,182
Наугонг	108.786	2.181.746	0,057	0,021	-1,319	-8,318	1,416
Тинсукия	101.957	2.283.703	0,060	0,021	-1,118	-3,930	1,741
Тезпур	98.550	2.382.253	0,062	0,021	-0,974	-2,598	2,241
Димапур	98.096	2.480.349	0,065	0,021	-0,863	-1,940	3,145
Кохима	77.030	2.557.379	0,067	0,021	-0,792	-1,617	4,615

Рассчитано и составлено автором по: см. источник к Таблице 5.3.2.

К 2011 г. изменения произошли лишь на 4-м уровне иерархии [Дмитриев, 2014b], при этом общая устойчивость системы была достаточно далека от идеальной, однако теперь превышая его (значение показателя изостатического равновесия в 1991 – 2001 – 2011 гг. при оптимуме в 3,000 изменялось следующим образом: 3,877 – 3,679 – 3,851). По всей видимости, в ближайшие годы можно ожидать перехода системы к более сложной структуре [Дмитриев, 2011a]. Таким образом, пример Северо-Восточной Индии также иллюстрирует волнообразные колебания структурной упорядоченности систем ЦМ. В то же время система ЦМ Северо-Восточной Индии за более чем 60 лет с момента коллапса так и не оправилась: та пространственная структура, которая была характерна для системы до ее распада, к настоящему моменту не достигнута [Дмитриев, 2014a].

***

На примере Лесото нам удалось эмпирически доказать, во-первых, установленную ранее на теоретическом уровне независимость структуры системы (показателя *K*) от текущего значения доли городского населения или направления его изменения: при низкой доле городского населения система может иметь достаточно сложную структуру или, наоборот – простую при высоком уровне урбанизированности.

Ранее нами выдвигалась гипотеза, что расположение ЦМ 1-го уровня в центре или на окраине системы расселения накладывает свой отпечаток на максимальное значение *K*: иными словами, мы считали, что в том случае, если ЦМ 1-го уровня расположено на периферии, то формирование системы с $K = 7$ будет маловероятным, а более предпочтительными будут промежуточные варианты организации – с $K = 3$ или $K = 4$. Однако, как можно понять из рисунка пространственной структуры идеального аналога системы ЦМ Лесото в 2016 г., расположение ЦМ 1-го уровня не определяет пространственную структуру системы ЦМ.

На примере Йемена установлено, что влияние дискретизирующего поступательную эволюцию объединения двух систем ЦМ может достаточно быстро сойти на нет: новая единая система быстро восстанавливает континуальный характер своего развития. Это особенно характерно для систем, устойчивость которых в рамках раздельной эволюции была низкой. При этом далеко не всегда равновесное состояние (при значении показателя изостатического равновесия, близкого к идеальному) любой системы оказывается закрепленным на долгое время, а реальная численность населения уровней иерархии не обязательно должна регулярно превышать (для нечетных уровней) и оказываться ниже (для четных уровней) теоретически предсказанной на основе ТЦМ.

На примере системы ЦМ Северо-Восточной Индии выявлено, что дискретизириующий поступательную эволюцию распад системы приводит к более серьезным последствиям для нее, чем объединение с другой системой. В случае распада адаптация части ранее единой системы к изменившимся условиям в виде восстановления прежних иерархии и пространственной структуры происходит дольше, чем в случае слияния систем. Установлена верность выявленного на теоретическом уровне положения, заключающегося в том, что смена ЦМ 1-го уровня иерархии происходит преимущественно на ранних этапах развития системы. Показано, что с точки зрения минимума потенциальной энергии системы в целом выгодным оказывается не столько пребывание системы в состоянии изостатического равновесия, сколько закрепление оптимальной структуры. Эти понятия достаточно близки по своей сути, однако при рассмотрении системы в целом могут отличаться: учитывая принцип локальной предопределенности, введенный в главе 3, оптимальным является равновесное состояние не всей системы, а отдельных уровней иерархии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно ГОСТу, «в заключении диссертации излагаются итоги … исследования, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы» [ГОСТ, 2012, с. 6]. Мы пойдем именно этим путем и постараемся критически разобрать защищаемые положения работы. Воспользуемся в этом разделе мы и правом более свободного стиля изложения, добавив к собственно выводам авторскую рефлексию и отразив возникающие вопросы.

Представленная работа посвящена в первую очередь эволюции систем центральных мест, а не систем расселения; не столько приложению теории центральных мест к реальным объектам, сколько конструированию реальности через призму теории. Диссертационное исследование выполнено в русле теоретической географии: выводы получены дедуктивным путем, конкретные кейсы представлены в работе в большинстве случаев именно для их подтверждения. Аксиоматический фундамент теории центральных мест представлен пятью постулатами. В нашем исследовании мы уточнили некоторые из них для случая изолированных (конечных) решеток – Таблица 3.1.

В переводе с латинского «эволюция» означает «развертывание», однако применительно к системам ЦМ этот термин мы используем для отражения как собственно «развертывания» их иерархической (и, особенно, пространственной) структуры, так и их сворачивания. Под континуальным развитием, или эволюцией системы ЦМ понимается монотонное изменение функции уровня урбанизированности с минимальным приращением, соответствующее логической последовательности появления новых ЦМ в системе. Под дискретным развитием подразумеваются революционные изменения, которые идут вразрез с выявленной траекторией континуального развития. Дискретное развитие изучается нами лишь в связи с возвращением системы после этих непредсказуемых изменений структуры к логической последовательности континуального развития, представленной в Таблице 2.3.1.

Таблица 3.1 – Аксиомы теории центральных мест

Аксиомы теории центральных мест (по В.А. Шуперу)		Уточнения по итогам проведенного исследования
Формулировка	**Пояснение**	
Аксиома о бесконечности пространства	«Из кристаллеровской решетки не может быть … выделен … фрагмент». В противном случае «неизбежно возникнут краевые эффекты»	*Аксиома отвергается: пространство в ТЦМ конечно.* ТЦМ имеет дело с пространством физическим, а не математическим и географическим
Аксиома об однородности и изотропности пространства	«Пространство абсолютно однородно во всех отношениях, кроме одного – распределения городского населения»	*Аксиома принимается только при условии однородности распределения не только городского, но и сельского населения.* Пространство в ТЦМ абсолютно (в трактовке И. Ньютона), а не относительно (в трактовке Г.-В. Лейбница); формирование системы ЦМ происходит только за счет ее внутренних свойств
Аксиома о максимальной компактности зон	«Правильный шестиугольник – ближайшая к кругу геометрическая фигура, допускающая плотную упаковку в двумерном пространстве»	*Аксиома принимается*
Аксиома о полиморфизме систем центральных мест	«Системы центральных мест могут существовать в трех модификациях, с $K = 3$, $K = 4$, $K = 7$»	*Аксиома принимается.* В 1990-е годы была дополнена модификациями с $K = 5$, $K = 6$ и с $K = 2$ – соответственно зарубежными и отечественными исследователями
Аксиома о «рациональном» поведении потребителя	«Все товары и услуги приобретаются в ближайшем из всех центральных мест, в которых они могут быть приобретены»	*Аксиома принимается.* Избыточна в случае непротиворечивости аксиомы о бесконечности пространства; в противном случае – необходима

Источники: [Шупер, 1995а, с. 70–73; выводы автора].

В этой связи присутствующие в формулировке цели работы траектории выступают в четырех ипостасях: 1) траектория развертывания бесконечных систем ЦМ; 2) траектория сворачивания бесконечных систем – в рамках классической ТЦМ; 3) – траектория развертывания изолированных (самостоятельных) систем; 4) траектория сворачивания изолированных систем – в рамках релятивистской ТЦМ. Очень важно, что понятие о траектории имеет физический смысл даже в отсутствии движения – на том же стоим и мы в нашей работе. Если траектория – это линия, то закономерности – это особые точки (для сравнения – точки максимума, минимума, перегиба, разрыва и пр. на графике некой функции).

Траектория положительной эволюции самостоятельных (изолированных) систем ЦМ следующая: последовательное заполнение возникающими ЦМ уровней иерархии, прерывающееся регулярным появлением подсистем (схема «две строки – столбец – две строки – столбец – две строки – столбец» в Таблице 2.3.1). Отрицательная эволюция протекает прежде всего по столбцам (Таблица 2.3.2): происходит уменьшение числа ЦМ на каждом уровне иерархии при сохранении количества последних до того момента, когда решетка будет соответствовать $K = 3$. По достижении этого состояния отрицательная эволюция идет по строкам: сначала полностью исчезает 7-й уровень иерархии, затем – 6-й, после этого – 5-й. Заключительный этап отрицательной эволюции происходит снова по столбцам: сначала система переходит к состоянию, характеризующемуся $K = 2$, после – к $K = 1$).

При этом влияние дискретизирующего поступательную эволюцию объединения двух систем ЦМ может достаточно быстро сойти на нет: новая единая система быстро восстанавливает континуальный характер своего развития. Это особенно характерно для систем, устойчивость которых в рамках раздельной эволюции была низкой, то есть значение показателя изостатического равновесия для них сильно отличалось от такового для идеального случая. Дискретизириующий поступательную эволюцию распад системы приводит к более серьезным последствиям для нее, чем объединение с другой системой. В случае распада адаптация части ранее единой системы к изменившимся условиям в виде восстановления прошлых иерархии и пространственной структуры происходит дольше, чем в случае слияния систем.

Вопрос с порядком временного наступления каждого этапа, то есть временными лагами между этапами достаточно сложен в том отношении, что даже характерное время установить здесь достаточно проблематично. В отличие от распределения по Зипфу, образование (или исчезновение) каждого ЦМ определяется изменением людности всех ЦМ закрытой системы с постоянным населением: поэтому нужно определиться, характерное время – относительно (или под влиянием) чего. Одно из возможных предположений: если принять за константу время «перераспределения» одного человека из сельской местности в город (или между ЦМ разных уровней), то чем больше людей перераспределяется в рамках каждого этапа эволюции, тем больше времени для прохождения этого этапа требуется. Однако же для этого определенно требуются дополнительные исследования.

Закономерности эволюции систем ЦМ в рамках указанных траекторий (прежде всего, положительной) – следующие:

1) эволюция начинается с момента появления 2-го ЦМ в системе;

2) при прочих равных условиях иерархическая структура строится по Кристаллеру, а не по Зипфу;

3) по мере эволюции пространственная структура (решетка) системы становится все более стабильной: переход ЦМ с одного уровня иерархии на другой происходит все реже. При изменениях в ходе эволюции наиболее устойчивыми и приспособленными к ним оказываются более высокие уровни иерархии, следствием чего является не обязательное их чередование даже в устойчивой системе по принципу «тяжелый – легкий – тяжелый» и т.д.

4) на любом этапе эволюции система стремится к достижению аттрактора – того состояния ее иерархической и пространственной структуры, которое позволяет сохранять устойчивость (равновесие) всей системы в целом.

В октябре 2021 г. в своем докладе «Влияние идей Л.С. Берга и Н.Н. Баранского на творчество Ю.Г. Саушкина» на конференции к 110-летию Юлиана Глебовича А.Н. Пилясов отметил, что Саушкин рассматривал в целом эволюцию скорее по Л.С. Бергу – П. Тейяру де Шардену – А.А. Любищеву, нежели по Ч. Дарвину – в контексте скачкообразности/плавности эволюционных преобразований. Если говорить о центральных местах, заявленных в названии работы, то в данном случае мы стоим на позициях Ч. Дарвина: эволюцию соответствующих систем мы рассматриваем именно в качестве плавного непрерывного процесса, без «внезапных скачков от одного строения к другому» [Дарвин, 2001, с. 165][79]. Иными словами, предложенные в диссертации матрицы переходов справедливы именно для эволюции такого рода. Это не означает, однако, что эволюция систем центральных мест не может проходить «скачками, пароксизмами, мутационно» [Берг, 1977, с. 311] в «критических точках изменения состояний» [Тейяр де Шарден, 1965, с. 80] – такое развитие, вероятно, вполне возможно. Таким образом, в качестве определенных ГОСТом рекомендаций мы можем предложить рассмотрение в дальнейшем особенностей и выявление направлений именно неплавного протекания эволюции систем центральных мест.

Исходя из представленных в параграфах 2.2 и 2.3 матриц переходов, может сложиться впечатление, что положительная эволюция происходит исключительно сверху вниз. Однако это не так: во-первых, новые ЦМ появляются снизу, то есть из сельской местности – людность уже существующих ЦМ при этом изменяется; во-вторых, уже возникшие ЦМ могут «меняться» уровнями иерархии, на которых они располагаются; в-третьих, движение сверху вниз в матрице происходит

---

[79] Вероятно, в конечном счете каждый процесс может быть сведен только к дискретному или только к континуальному – дело лишь в том, какой именно переход от одного состояния к другому считать «непрерывным». В настоящем исследовании в качестве такового нами рассматривается наименьшее приращение доли городского населения в системе за счет изменений в числе центральных мест на данном или следующем уровне иерархии (более низком – при положительной эволюции, более высоком – при отрицательной).

далеко не всегда: к примеру, после достижения значения $K = 2$ для последнего уровня иерархии движение в матрице происходит снизу вверх. Таким образом, эволюция всегда идет встречными путями, и выделить какой-то из них в качестве главного не представляется возможным.

Другой вопрос связан с закономерностью или случайностью эволюции, то есть – в контексте нашего исследования – с ее целесообразностью [Любищев, 2012]. Наша точка зрения состоит в том, что направленность эволюции систем центральных мест закономерна, предопределена[80] и «отвечает … совершенно особой геометрии … пространства» [Вернадский, 1988, с. 59–60]. Здесь, наоборот, мы стоим на позициях не Ч. Дарвина, а Л.С. Берга – П. Тейяра де Шардена – А.А. Любищева и даже К. Маркса – И.Т. Фролова: «Теоретическое исследование … возникновения … структуры … необходимо предполагает анализ его развитого состояния. В этом случае мышление приобретает как бы “телеологический” характер, поскольку оно совершается от конечной стадии к исходному пункту, то есть определение предмета, подлежащего анализу, дается через эту “цель” его развития» [Фролов, 1958, с. 48]. Цель в данном случае полиморфна и в структурном, и в функциональном отношениях – ровно в той же степени, в какой полиморфна и устойчива сама система центральных мест. «Глобальная» итоговая цель состоит в формировании устойчивой структуры с $K = 7$ для всех (кроме последнего) уровней иерархии, локальные «цели» – устойчивой структуры любых других модификаций.

Таким образом, эволюция систем центральных мест как направленный процесс трансформации ее популяционной и пространственной структуры предполагает предопределенность, оставляя случайности скорее временн*у*ю, нежели пространственную роль[81]. Этот момент представляется дискуссионным и

---

[80] Кем и когда – другой вопрос, вероятно, выходящий за рамки нашего исследования.

[81] То есть случайность в нашем исследовании может определять только длительность временного промежутка между возникновением двух центральных мест, а не последовательность этого процесса.

определяющим различные пути выявления направлений эволюции систем центральных мест.

Представленные в работе матрицы переходов в определенной степени напоминают атомные орбитали, а правила формирования пространственной структуры систем ЦМ – правила и принципы заполнения орбиталей электронами (Клечковского, Хунда, Паули). Разумеется, подобная аналогия нами проводилась, однако же никогда не упоминалась: тем более отрадно, что совершенно независимо она была озвучена двумя нашими коллегами. Подчеркнем, что хотя до уровня проработанности принципов заполнения атомных орбиталей предположениям автора статьи еще очень далеко, мы все же надеемся, что полученные нами результаты будут способствовать развитию этих идей в области ТЦМ.

Положение о возможности формирования кристаллеровской иерархии в системах центральных мест с первых этапов ее развития, минуя распределение по Зипфу – вероятно, одно из самых неоднозначных в работе. В исследованиях наших предшественников на конкретном эмпирическом материале было установлено, что распределение поселений по Зипфу, которое формируется на ранних этапах развития системы, в дальнейшем сменяется кристаллеровской иерархией. По всей вероятности, действительно, возможны разные варианты развития систем расселения – и по Зипфу, и минуя его распределение. В нашей работе лишь подчеркивается, что энергетически для системы более выгодно формирование распределения именно по Кристаллеру под действием внутренних факторов, однако действие внешних условий, вероятно, может направить этот процесс в зипфовское русло. Таким образом, дальнейшие исследования могут быть сконцентрированы на установлении силы каждого из таких условий и определяемого ими пути эволюции систем расселения – в том числе с привлечением аппарата теории самоорганизации (см., к примеру, [Горизонты синергетики, 2019]).

Последний вопрос был в некоторой степени затронут нами в положении о существовании единственного варианта иерархии центральных мест по численности населения и единственного варианта их расположения в решетке. Каждое из состояний системы ЦМ, таким образом, служит локальным аттрактором, а структура всей системы с $K = 7$ – аттрактором глобальным. При этом, однако, собственно синергетические конструкты в нашей работе не используются, а аттракторы рассматриваются скорее с медицинской точки зрения – как состояния абсолютного здоровья для каждого этапа развития системы.

В этом отношении теоретическая география вообще (и теория центральных мест в частности) рассматривается нами скорее как аналог не столько теоретической механики, сколько теоретической медицины: состояния реальных систем расселения характеризуются как патологические в том случае, если они отличаются от равновесных и устойчивых. Разумеется, при выявлении патологий необходимо проводить их лечение, однако представленная работа выявила – надеемся – в нас скорее хорошего патологоанатома, а не функционального диагноста систем расселения: принципы «излечения» последних лежат (возможно, пока еще) вне рамок наших научных интересов, хотя их предложение и установление возможностей реализации представляют собой весьма перспективное направление дальнейших исследований.

На упоминаемой выше конференции, посвященной 110-летию со дня рождения Ю.Г. Саушкина, П.Я Бакланов в своем выступлении отметил, что само по себе пространственное развитие уровней не имеет – их мы устанавливаем сами в процессе исследования. Как показала наша работа, это не совсем так. Отнесение того или иного ЦМ к определенному уровню иерархии определяется однозначно – в зависимости от численности его населения и населения ЦМ более высоких уровней. Таким образом, предложенные нами методические изменения позволяют, во-первых, уйти от однозначной характеристики ЦМ одного уровня иерархии как имеющих одинаковую людность (то есть от столь критикуемой ступенчатой функции распределения ЦМ) и, во-вторых, учесть взаимодействие между уровнями.

Вывод о необходимости обеспечения максимальной лабильности решетки в процессе ее построения представляет собой следствие (и в определенной *степени аналог) более общего физического и, вероятно, общенаучного принципа минимума потенциальной энергии*, в соответствии с которым структура должна переходить в состояние, которое минимизирует общую потенциальную энергию системы. Применительно к ТЦМ принцип минимума энергии системы означает, что на каждом этапе эволюции системы ЦМ последние будут размещаться в тех локусах решетки, которые, с одной стороны, обеспечивают ее устойчивую структуру, с другой – позволяют ЦМ изменять ранг их иерархии с минимумом энергетических затрат всей системы в целом.

Почему решетка должна быть максимально лабильна – потому что только тогда возможно обоснование смены центральными местами уровня своей иерархии (особенно на верхних уровнях[82]). Представим, что на 3-м уровне – в рамках подчинения ЦМ 2-го уровня иерархии – возникает одно ЦМ. Какой локус оно займет? В соответствии с тезисом о максимальной лабильности решетки – тот, который расположен на том же единичном расстоянии от ЦМ 1-го уровня. Почему – в этом случае в дальнейшем этому ЦМ 3-го уровня, чтобы перейти на уровень 2-й, потребуется только увеличить численность своего населения: изменять расстояния до ЦМ 1-го уровня не придется, поскольку оно одинаково – единичное. Другие же ЦМ на 3-м уровне должны будут изменить и численность населения, и расстояние до ЦМ 1-го уровня. А это – уже лишние энергетические затраты.

Здесь мы подходим к *принципу локальной предопределенности*: в любой момент времени система центральных мест может иметь оптимальную локально предопределенную (популяционную и пространственную) структуру, не обязательно совпадающую с таковой в глобальном (общетеоретическом) отношении. Этот принцип находится в прямом соотношении с принципом минимума потенциальной энергии, поскольку для большинства сложных систем существует один глобальный минимум потенциальной энергии и несколько

---

[82] Случай бицентризма на 1-м уровне иерархии в ТЦМ невозможен. Весьма интересным представляется случай ацентризма, то есть отсутствия ЦМ 1-го уровня в системе, однако существующий методический аппарат ТЦМ не позволяет анализировать подобные системы.

локальных (в рамках которых состояние системы характеризуется как метастабильное). Пребывание в локальном минимуме может осуществляться достаточно долго, в пределе – даже бесконечно долго. Возможно, замах автора на соответствие принципа локальной предопределенности фундаментальному принципу минимума потенциальной энергии излишне смел, но, как представляется, такой подход в ТЦМ позволяет существенно расширить ее предсказательную функцию.

При этом «если под прогнозом … понимать диапазон реально возможных значений», то ТЦМ позволяет именно «прогнозировать развитие сети поселений» [Гольц, 1974, с. 67]. Она же дает потенциальную возможность управлять развитием систем расселения в рамках «поддержания такой территориальной и иерархической структуры сети населенных мест, которая позволяла бы государству … своевременно снимать возникающие противоречия, сохранять высокую маневренность мобильных элементов» [Алаев, Хорев, 1974, с. 107]. В то же время применение ТЦМ возможно не только в рамках существующих систем расселения.

Во-первых, весьма перспективными (и осуществляемыми) представляются исследования в рамках теоретической археологии. В изначальной задумке автора структура диссертации предполагала параграф о вариантах расположения в пределах Аксумского царства, существовавшего в I тыс. н.э., города Маста (вероятно, в пределах современной Эфиопии). Локализация последнего археологами-полевиками до сих пор не установлена, ТЦМ же позволяет предложить варианты возможного местонахождения. Может сложиться впечатление, что во времена, к которым применяются археологические методы исследования, системы населенных пунктов реально не соответствовали ТЦМ. Проверить это и позволяет релятивистский вариант теории.

Во-вторых, как представляется, потенциал ТЦМ может быть использован для анализа не только систем расселения, но и других иерархически выстроенных образований. К их числу, к примеру, могут быть отнесены территориальные структуры Римско-католической церкви или Церкви Иисуса Христа Святых последних дней (от единого центра до приходов): ТЦМ позволяет определить целесообразность того или иного варианта их развертывания в рамках исторического развития, а также степень устойчивости складывающихся структур.

В-третьих (и, по всей видимости, не в-последних), ТЦМ потенциально может быть использована там, где критика об отсутствии в реальности «однородной равнины» оказывается совершенно несостоятельной – в Мировом океане. К примеру, совокупность районов дежурства подлодок или надводных кораблей с разным уровнем оснащения вооружением (условно – от ядерных ракет до пистолетов) может трактоваться как система иерархически выстроенных размытых центральных мест [Родоман, 1970].

Принцип эквивалентности систем центральных мест и систем расселения – вероятно, самый абстрактный из установленных в работе. Однако же именно он позволяет исследователю совершать логический переход от реальных систем расселения к системам центральных мест, поскольку *формирование систем расселения в географическом пространстве происходит аналогично формированию систем центральных мест в физическом пространстве*. В обоих случаях, если гравитационные эффекты скомпенсированы, мы не сможем отличить систему расселения от системы центральных мест, то есть, в конечном счете, неоднородное и анизотропное географическое пространство от однородного и изотропного физического. Непосредственное следствие этого – эквивалентность, с одной стороны, людности поселений и ЦМ и, с другой, расстояний между ними в реальных системах расселения и системах ЦМ. Этот принцип оказывается вторым, выходящим за рамки работы, фактически – междисциплинарным, поскольку приводит нас к заключению о наличии связи между ТЦМ и другими, более общими и существенно более проработанными теориями тяготения.

ТЦМ не уступает, а в ряде случае имеет очевидные преимущества перед конструктами, которые зачастую используются исследователями при анализе систем расселения – в частности, сетевыми теориями. В отличие от них ТЦМ, во-первых, *полностью определяет* систему поселений *и*, во-вторых, *объясняет* дедуктивный переход от реальных объектов к идеальным *и обосновывает* существование шестиугольных дополняющих районов, популяционную и пространственную структуру систем ЦМ как теоретических объектов. ТЦМ обладает и преимуществом целеполагания, поскольку в своем релятивистском варианте предполагает существование аттракторов структуры. Особенность подхода российской школы ТЦМ в конечном счете состоит в сравнении реальной системы расселения и системы ЦМ в рамках сравнения неоднородного и анизотропного географического пространства систем расселения и однородного и изотропного физического пространства систем центральных мест в контексте принципа эквивалентности. Направленность и цель развития структуры систем в рамках ТЦМ позволяют исследователю – в отличие от сетевых моделей, не предполагающих цели[83] – не только прогнозировать, но и направлять это развитие. В этом отношении именно ТЦМ представляется нам наиболее перпективным для использования конструктом – тем более, что ее внутренний потенциал к настоящему моменту раскрыт далеко не в полной мере.

Часто приходится слышать, что ТЦМ себя не оправдала, изжила, должна быть заменена другими конструктами – по крайней мере для лучшего описания и объяснения реально наблюдаемых явлений. По всей вероятности, причину возникновения такого рода суждений следует искать не в самой ТЦМ, а в том, что географы оказались чрезмерно сконцентрированы на изучении того, что можно ощутить при помощи органов чувств. Вполне закономерно, что этим путем шли исследователи на историческом этапе накопления знаний географической наукой, на этапе обобщения последних происходил переход к анализу эмпирических и теоретических объектов. И вот, за уже казалось бы вершиной, достигнутой экономической географией во время теоретической революции 1960–1970-х годов, последовало не «высокое плато» (или, возможно, даже новый пик), а фактически возвращение к истокам – постмодернистский поворот (в

[83] А если таковая и обозначается, то такие модели фактически переходят в ТЦМ, поскольку никакая другая структурной цели не задает.

терминах [Best, Kellner, 1997]). Будем надеяться, что это была понижательная фаза текущего цикла развития науки с последующей за ней повышательной – движение вниз и вперед по волне, а не вниз и назад. Примечательно, что по времени этот поворот совпал с десекуляризацией – возвращением религии в общественную жизнь, однако в виде не коллективного, а «приватизированного» явления – религия (по крайней мере христианство) стала личным выбором каждого. И если секуляризация сменяется десекуляризацией не единожды, а в виде сущностных территориальных циклов – как это было показано в [Горохов, 2020], то, мы надеемся, этого же можно ожидать и в развитии экономической географии.

Постмодернизм, однако, в экономической географии выразился не напрямую[84], а, во-первых, в смещении акцента на изучение индивидуально чувствуемого (видимого, слышимого, осязаемого) и даже воображаемого и, во-вторых, в территориальной «приватизации». Последнее, на наш взгляд, представляет особую опасность для географии, поскольку на смену фальсифицируемому и разномасштабному исследовательскому подходу приходит нефальсифицируемый[85] и конкретномасштабный[86] – несмотря на выдвинутое более пятидесяти лет назад «требование многомасштабности географических образований и наличия универсальных пороговых масштабов» [Гохман, Гуревич, Саушкин, 1968, с. 5].

В этой связи вполне ожидаемо все более и более скептическое отношение в том числе географов к ТЦМ как к теории, объясняющей (само)организацию

[84] В виде отказа от представлений об объективной истине, как это имело место в теории познания.

[85] Можно ли оспорить представление (не знание!), скажем, американца о температуре воды на пляжах Намибии, если географически изучать не сами течения, а представления о них?

[86] В виде конкретного места и отношения человека именно к нему. Ведь из места не сделаешь пространство, сколько бы мест мы ни рассматривали: «Теория не строится путем индуктивного обобщения опыта» [Степин, 2006, с. 163]. Именно в этом отношении мы не можем согласиться с точкой зрения А.М. Смирнова, в соответствии с которой «законы открываются путем обобщения реальных фактов, а не привносятся … «сверху» [Смирнов, 1971, с. 31].

пространства. При этом мы совершенно не склонны превозносить пространство и низводить место: и одно, и другое понятие есть «предпосылки самой возможности наших рассуждений о территориях и районах» [Костинский, 1997, с. 30] – они оба могут и должны изучаться географами. Таким образом, то, что «пространство трансформируется в место как только получает определение и значение» [Tuan, 2002, p. 136], и только последнее и изучается – вероятно, лучшее, что могло произойти с социологией пространства, и худшее, что могло случиться с (теоретической) географией, поскольку, как было показано в [Костинский, 1997, с. 25], «у места и пространства нет общей границы».

Представленная диссертация задумывалась нами как исследование методическое и даже в какой-то степени методологическое. Фактически мы проводили его на протяжении более чем десяти лет, начав с доказательства постоянства и отыскания инварианта k еще летом 2010 г. Лишь в 2018 г. эти материалы были преобразованы в статью [Дмитриев, 2019a]. В последнее время, к сожалению, в отечественных журналах не принято помещать после основного текста статьи благодарность рецензентам и сотрудникам редакции – хотя бы из-за экономии места вследствие необходимости транслитерировать зачастую весьма внушительный русскоязычный список литературы. Однако здесь, в Заключении диссертации, мы бы хотели подчеркнуть, что если бы не их искренняя и всесторонняя помощь, вряд ли бы у автора в то время возникла сама идея поступления в докторантуру. На протяжении всех трех лет пребывания в ней неоценимой была для нас поддержка – во всех отношениях – нашего научного консультанта В.А. Шупера и других учителей, коллег и друзей автора, чьи замечания и предложения на разных этапах подготовки диссертации были крайне важны для нас.

В первой половине 2000-х годов в одном из букинистических магазинов Москвы нами случайно была приобретена книга с рассказами ведущих отечественных ученых о пути в науку и о становлении научных школ. Среди 12 ее соавторов был и выдающийся отечественный физик-ядерщик, академик АН СССР Г.И. Будкер. И здесь, в самом конце Заключения, мы не можем не привести его слов, удивительно точно иллюстрирующих наш научный путь последних лет: «Сегодня даже трудно себе представить, как звучало тогда каждое новое слово, каждое хотя бы небольшое открытие по пути продвижения к … цели. Эти три года ежедневной работы до двух часов ночи, без выходных, без отпусков вспоминаются мне как самые светлые, самые восторженные годы в моей жизни. Никогда больше я не слышал музыки, не читал стихов, не представляю вообще себе произведение искусства, которое бы по красоте внутреннего своего звучания и внешнего оформления, по гармонии чувства и разума могло сравниться с деятельностью по решению … проблемы» [Будкер, 1974, с. 141]. При этом наша цель состояла не столько в пояснении на конкретных примерах новых возможностей применения ТЦМ, сколько в установлении тех ее внутренних потенций, которые пока еще остаются вне поля зрения исследователей. Разумеется, мы не претендуем на закрытие этого вопроса, однако надеемся, что успешно смогли по крайней мере подступиться к нему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авиапостер. Расписания движения самолетов СССР. Режим доступа: http://www.aviaposter.ru/raspisaniya (дата обращения: 17.07.2021).

Алаев Э.Б., Хорев Б.С. Формирование единой системы расселения в СССР // Вопросы географии. Сб. 96: Урбанизация мира. М.: Мысль, 1974. С. 106–114.

Арапов М.В., Ефимова Е.Н., Шрейдер Ю.А. О смысле ранговых распределений // Научно-техническая информация. Сер. 2. 1975. № 1. С. 9–20 [электронный ресурс]. Режим доступа: http://kudrinbi.ru/public/442/index.htm (дата обращения: 06.11.2020).

Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. М.: Наука, 1988. 264 с.

Арманд А.Д. Эксперимент «Гея». Проблема живой Земли. М.: «Сиринъ садхана», 2001. 192 с.

Архипов Ю.Р. Системное моделирование регионального расселения: дис. … д-ра геогр. наук. М., 2002. 342 с.

Бакланов П.Я. Подходы и основные принципы структуризации географического пространства // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2013. № 5. С. 7–18.

Берг Л.С. Труды по теории эволюции, 1922–1930. Л.: Наука, 1977. 387 с.

Богданов В.С., Богданов С.В. Инварианты и тензорные инварианты сетей // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. Т. 18, № 22 (125). С. 21–25.

Будкер Г.И. О значении научной школы рассказывает Г. Будкер // Возраст познания / Сост. Н. Филипповский. М.: Молодая гвардия, 1974. С. 124–142.

Бунге В. Теоретическая география / Под ред. В.М. Гохмана. М.: Издательство «Прогресс», 1967. 280 с.

Важенин А.А. Влияние смены закономерностей расселенческих процессов на характеристики систем расселения // Региональные исследования. 2006. № 3 (9). С. 43–65.

Важенин А.А. Влияние урбанизации на систему расселения Германии в XIX–XX веках // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. Т. 84, № 5. С. 674–693.

Важенин А.А. Предзаданность направлений развития расселенческих процессов в самоорганизующихся системах // География мирового развития. Вып. 2 / Под ред. Л.М. Синцерова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 195–206.

Важенин А.А. Применимость теории центральных мест к изучению систем расселения на островах // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2008. № 2. С. 7-12.

Важенин А.А. Устойчивость распределения городских поселений в системах расселения // Известия РАН. Серия географическая. 1999. № 1. С. 55-59.

Важенин А.А. Эволюционные процессы в системах расселения. Екатеринбург: УрО РАН, 1997a. 62 с.

Важенин А.А. Эволюция систем центральных мест старопромышленных районов: дис. ... к-та геогр. наук. М., 1997b. 93 с.

Валесян А.Л. Синхронность в пространственной эволюции систем расселения и транспортных сетей: дис. … д-ра геогр. наук. М., 1995. 232 с.

Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.

Всероссийская перепись населения 2002 года. Численность населения России, федеральных округов, субъектов Российской Федерации, районов, городских поселений [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.perepis2002.ru/index.html?id=13 (дата обращения: 14.10.2020).

Всероссийская перепись населения 2010 года. Численность населения России, федеральных округов, субъектов Российской Федерации, районов, городских населенных пунктов [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.perepis2002.ru/index.html?id=13 (дата обращения: 14.10.2020).

Всесоюзная перепись населения 1959 года // Демоскоп Weekly [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=3 (дата обращения: 17.05.2020).

Всесоюзная перепись населения 1989 года // Демоскоп Weekly [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=6 (дата обращения: 17.05.2020).

Гендиректор «Аэрофлота» сравнил цены на авиабилеты в СССР с нынешними // Seldon.News. 19.08.2020 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://news.myseldon.com/ru/news/index/236046136 (дата обращения: 17.07.2021).

Гильберт Д. Основания геометрии / Под ред. А.В. Васильева. Л.: “Сеятель”, 1923. 152 с.

Гольц Г.А. Динамические закономерности развития системы городских и сельских поселений // Вопросы географии. Сб. 96: Урбанизация мира. М.: Мысль, 1974. С. 51–68.

Горизонты синергетики: структуры, хаос, режимы с обострением / Под ред. Г.Г. Малинецкого. М.: ЛЕНАНД, 2019. 464 с.

Горохов С.А. География религий: циклы развития глобального конфессионального пространства. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2020. 235 с.

Горохов С.А., Дмитриев Р.В. Демографический потенциал конфессиональных групп стран БРИКС // Известия Иркутского государственного университета. Серия Политология. Религиоведение. 2015. Т. 12. С. 251–258.

Горохов С.А., Дмитриев Р.В. Итоги переписи населения Индии: анализ социального развития страны в XXI в. // География в школе. 2013. № 3. С. 12–19.

Горохов С.А., Дмитриев Р.В. Парадоксы урбанизации современной Индии // География в школе. 2009. № 2. С. 17–23.

Горохов С.А., Дмитриев Р.В., Агафошин М.М. География населения как направление специализации кафедры экономической и социальной географии Московского педагогического государственного университета // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2020. № 4. С. 85–93.

ГОСТ Р 7.0.11 – 2011 «Диссертация и автореферат: структура и правила оформления». М.: Стандартинформ, 2012. 16 с.

Гохман В.М., Гуревич Б.Л., Саушкин Ю.Г. Проблемы метагеографии // Вопросы географии. Сб. 77. Математика в экономической географии. М.: Мысль, 1968. С. 3–14.

Гранберг А.Г. Идеи Августа Лёша в России // Пространственная экономика. 2006. № 2. С. 5–22.

Гузев М.А., Крадин Н.Н., Никитина Е.Ю. Ранговый анализ жизненного цикла политий // Дальневосточный математический журнал. 2017. Т. 17, № 2. С. 180–190.

Гусейн-Заде С.М. Модели размещения населения и населенных пунктов. М.: Изд-во МГУ, 1988a. 92 с.

Гусейн-Заде С.М. О распределении букв русского языка по частоте встречаемости // Проблемы передачи информации. 1988b. Т. 24, № 4. С. 102-107.

Гусейн-Заде С.М. Формула типа Зипфа для совокупности невзаимодействующих городских поселений // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 1975. № 6. С. 99–101.

Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. СПб.: Наука, 2001. 568 с.

Дмитриев Р.В. Индия. Планирование семьи: «сверху» или «снизу»? // Азия и Африка сегодня. 2013. № 7. С. 46-51.

Дмитриев Р.В. Использование гравитационных моделей для пространственного анализа систем расселения // Народонаселение. 2012. № 2 (56). С. 41–47.

Дмитриев Р.В. К вопросу о постоянстве значения доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны для всех уровней кристаллеровской иерархии // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019a. № 1. С. 128–135.

Дмитриев Р.В. Метрика пространства в теории центральных мест: старые проблемы, новые решения // Географический вестник. 2019b. № 2 (49). С. 24–34.

Дмитриев Р.В. Опорный каркас расселения и хозяйства современной Индии: монография. М.: МАКС Пресс, 2014a. 156 с.

Дмитриев Р.В. Роль мегарегионов в трансформации территориальной структуры хозяйства Индии // Вестник Ленинградского Государственного университета имени А.С. Пушкина. Серия Экономика. 2011a. Т. 6, № 4. С. 148-159.

Дмитриев Р.В. Роль надагломерационных структур в формировании опорного каркаса расселения Индии: дис. … к-та геогр. наук. М., 2011b. 180 с.

Дмитриев Р.В. Роль надагломерационных структур в экономическом развитии современной Индии // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014b. № 3. С. 35-42.

Дмитриев Р.В. Системы центральных мест: формирование популяционной и пространственной структур // Географический вестник. 2021a. № 4 (59).

Дмитриев Р.В. Теория центральных мест, стадиальная концепция Д. Джиббса и теория дифференциальной урбанизации: вместе или врозь? // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика 2021: сб. науч. статей. Смоленск: Изд-во Смоленского государственного университета, 2021b. С. 99–105.

Дмитриев Р.В. Территориальные особенности развития процесса урбанизации в современной Индии // Вестник Орловского государственного университета. Серия: Новые гуманитарные исследования. 2014c. № 1 (36). С. 84-87.

Дмитриев Р.В. Эволюция систем расселения в аспекте классической теории центральных мест // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021c. Т. 85, № 2. С. 165–175.

Дмитриев Р.В., Горохов С.А. Сельское население в системах центральных мест // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021. Т. 7, № 3. С. 26–33.

Елизаров В.В., Дмитриев Р.В., Ефремов И.А. Льготы в районах Крайнего Севера: сохранить нельзя отменить // Уровень жизни населения регионов России. 2015. № 3 (197). С. 36–48.

Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики / Под ред. И.И. Елисеевой. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2004. 656 с.

Зельманов А.Л. Хронометрические инварианты: о деформации и кривизне сопутствующего пространства. Rehoboth: American Research Press, 2006. 227 с.

Ивантер А. Есть работа – есть город // Эксперт. 20–26 сентября 2021. № 39 (1222). С. 20–21.

Иодо И.А., Протасова Ю.А., Сысоева В.А. Теоретические основы архитектуры. Минск: Вышэйшая школа, 2015. 114 с.

Кириченко Н.А., Крымский К.М. Общая физика. Механика. М.: МФТИ, 2013. 290 с.

Клейн Л.С. Введение в теоретическую археологию. Книга 1: Метаархеология. СПб.: «Бельведер», 2004. 470 с.

Козырева Е.С. Трансформация классических теорий штандорта в современной пространственной экономике // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2010. № 3. С. 40–45.

Коломак Е.А. О чем говорит отклонение от закона Зипфа? // ЭКО. 2016. № 11. С. 121–128.

Коробов Д.С. Система расселения алан Центрального Предкавказья в I тыс. н.э. (ландшафтная археология Кисловодской котловины): дис. … д-ра ист. наук. Т. 1. М., 2014. 1345 с.

Костинский Г.Д. Географическая матрица пространственности // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 1997. № 5. С. 16–31.

Крушанова Л.А. Особенности демографических процессов на Дальнем Востоке в 1980-е гг. // Россия и АТР. 2012. № 2. С. 19–30.

Кузнецов И.В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М.: Гостехиздат, 1948. 116 с.

Курдюмов С.П. Концепция самоорганизации. Синергетика: общие положения [электронный ресурс]. Режим доступа: http://spkurdyumov.ru/what/koncepciya-samoorganizacii-sinergetikaobshhie-polozheniya/ (дата обращения: 12.04.2021).

Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Ч. 1 (Серия: «Теоретическая физика», т. V). М.: Наука, 1976. 584 с.

Лаппо Г.М. География городов. М.: ВЛАДОС, 1997. 480 с.

Лаппо Г.М. Развитие городских агломераций в СССР. М.: Наука, 1978. 152 с.

Лейбниц Г.-В. Переписка с Кларком // Соч. в 4-х тт: Т. 1. М.: Мысль, 1982. 636 с.

Лёш А. Пространственная организация хозяйства / под ред. акад. А.Г. Гранберга. М.: Наука, 2007. 663 с.

Липец Ю.Г., Пуляркин В.А., Шлихтер С.Б. География мирового хозяйства. М.: ВЛАДОС, 1999. 400 с.

Литовский В.В. Гравиогеография Урала и сопряженных территорий. М.: ГЕОС, 2020. 474 с.

Логунов А.А., Мествиришвили М.А., Чугреев Ю.В. О неправильных формулировках принципа эквивалентности // Успехи физических наук. 1996. Т. 166, № 1. С. 81–88.

Любищев А.А. Проблема целесообразности // Русский орнитологический журнал. 2012. Т. 21, вып. 779. С. 1771–1812.

Мазаев А.Г. Современна ли современная теория расселения? Критика методологических основ // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 2. С. 9–13.

Манин Ю.И. Закон Зипфа и вероятностные распределения Левина // Функциональный анализ и его приложения. 2014. Т. 48, вып. 2. С. 51–66.

Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 1. М.: Государственное издательство политической литературы, 1952. 794 с.

Маслов В.П. Бозе-газ ангармонических осцилляторов и уточнение закона Зипфа // Теоретическая и математическая физика. 2006a. Т. 148, № 3. С. 495–496.

Маслов В.П. Закон «отсутствия предпочтения» и соответствующие распределения в частотной теории вероятностей // Математические заметки. 2006b. Т. 80, вып. 2. С. 220–230.

Маслов В.П. Об одной общей теореме теории множеств, приводящей к распределению Гиббса, Бозе–Эйнштейна, Парето и закону Зипфа–Мандельброта для фондового рынка // Математические заметки. 2005. Т. 78, вып. 6. С. 870–877.

Маслов В.П., Маслова Т.В. О законе Зипфа и ранговых распределениях в лингвистике и семиотике // Математические заметки. 2006. Т. 80, вып. 5. С. 718–732.

Медведков Ю.В. Моделирование в географии расселения: автореф. дис. … д-ра геогр. наук. М., 1967. 40 с.

Медведков Ю.В. О размерах городов, объединенных в систему // Количественные методы исследования в экономической географии: сб. докладов. М.: ВИНИТИ–МФГО, 1964. С. 90–121.

Медведков Ю.В. Топологический анализ сетей населенных мест // Вопросы географии. Сб. 77. Математика в экономической географии. М.: Мысль, 1968. С. 159–167.

Минакир П.А., Демьяненко А.Н. Очерки по пространственной экономике / Отв. ред. В.М. Полтерович. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2014. 272 с.

Наймарк Н.И. Критический анализ методологических основ современных градостроительных теорий расселения // Проблемы расселения: история и современность. М.: Ваш Выбор. ЦИРЗ, 1997. С. 121–125.

Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. Теория «дифференциальной урбанизации» и иерархия городов в России на рубеже XXI века // Демоскоп Weekly. 2005. № 217–218 [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.demoscope.ru/weekly/2005/0217/analit01.php#_FNR_1 (дата обращения: 16.07.2021).

Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989. 688 с.

Овчинников Н.Ф. Принципы сохранения: законы сохранения, симметрия, структура. М.: URSS, 2019. 334 с.

Поддьяков А. Междисциплинарная позиция исследователя и системный инсайт // Троицкий вариант – Наука. 2021. № 339. С. 11.

Покшишевский В.В. География населения СССР: экономико-географические очерки. М.: Просвещение, 1971. 176 с.

Развитие // Новая философская энциклопедия [электронный ресурс]. Режим доступа: https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH2824151493bd42e9d37028?p.s=TextQuery (дата обращения: 10.06.2021).

Родоман Б.Б. О применении методов теоретической географии в негеографических задачах // Вестник Московского университета. Серия География. 1970. № 4. С. 90–91.

Родоман Б.Б. Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии. Смоленск: Ойкумена, 1999. 256 с.

Росстат. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям [электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282 (дата обращения: 14.06.2021).

Румянцев И.Н., Смирнова А.А., Ткаченко А.А. Сельские населенные пункты «без населения” как географический и статистический феномен // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2019. № 1. С. 29-37.

Саушкин Ю.Г. Экономическая география: история, теория, методы, практика. М.: Мысль, 1973. 557 с.

Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика. М.: Наука, 1979. 520 с.

Сидоров А.В. Городские издержки и их роль в теории центральных мест a lá Кристаллер–Леш // Журнал Новой экономической ассоциации. 2018. № 4 (40). С. 12–31.

Смирнов А.М. Общегеографические понятия // Вопросы географии. Сб. 88: Теоретическая география. М.: Мысль, 1971. С. 29–64.

Смирнягин Л.В. Судьба географического пространства в социальных науках // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 4. С. 7–19.

Спектор И.Р. Географический прогноз окружающей среды и территориальная организация хозяйства: дис. ... к-та геогр. наук. М., 1975. 186 с.

Степин В.С. Становление философии науки: первый и второй позитивизм // Методология науки: статус и программы. М.: Институт философии РАН, 2005. С. 41–69.

Степин В.С. Философия науки. Общие проблемы. М.: Гардарики, 2006. 384 с.

Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года [электронный ресурс]. Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/UVAlqUtT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf (дата обращения: 18.08.2021).

Стюарт И. Величайшие математические задачи. М.: Альпина нон-фикшн, 2019. 460 с.

Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск – М.: Издательство «Универсум», 2005. 384 с.

Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М.: Прогресс, 1965. 296 с.

Теоретическая география // Большая российская энциклопедия [электронный ресурс]. Режим доступа: https://bigenc.ru/geography/text/5887765 (дата обращения: 10.06.2021).

Ткаченко А.А. Ключевые понятия теории расселения: попытка переосмысления // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 2. С. 10–15.

Трейвиш А.И. Теория и методы страноведения. Лекция 10. Расселение жителей страны [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/segzs/uchd/country-studies-theory/%D0%9B10_%D0%A2%D1%80%D0%B5%D0%B9%D0%B2%D0%B8%D1%88_2020.pdf (дата обращения: 17.07.2021).

Трубников Б.А., Румынский И.А. Простейший вывод закона Зипфа–Крылова для слов и возможность его «эволюционной» интерпретации // Доклады академии наук СССР. 1991. Т. 321, № 2. С. 270–275.

Трубников Б.А., Трубникова О.Б. Пять великих распределений вероятностей // Природа. 2004. № 11. С. 13-20.

Файбусович Э.Л. Основные теоретические достижения российской социально-экономической географии за последнее двадцатилетие: есть ли они и в чем состоят? // Теория социально-экономической географии: спектр современных взглядов. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2010. С. 23–28.

Фролов И.Т. Детерминизм и телеология (О философской интерпретации проблемы органической целесообразности в современной биологии) // Вопросы философии. 1958. № 2. С. 35–49.

Хаггет П. География: синтез современных знаний / Под ред. В.М. Гохмана, Г.М. Игнатьева, Л.Р. Серебрянного. М.: Изд. «Прогресс», 1979. 688 с.

Харвей Д. Научное объяснение в географии / Пред. и ред. Е.П. Никитина. М.: Прогресс, 1974. 504 с.

Худяев И.А. Эволюция пространственно-иерархической структуры региональных систем расселения: дис. ... к-та геогр. наук. М., 2010. 161 с.

Черкашин А.К. Иерархическое моделирование эпидемической опасности распространения нового коронавируса COVID-19 // Проблемы анализа риска. 2020а. Т. 17, № 4. С. 10–21.

Черкашин А.К. Математические основания синтеза знаний междисциплинарных исследований социально-экономических явлений // Журнал экономической теории. 2017. № 3. С. 108–124.

Черкашин А.К. Теоретическая и метатеоретическая география // Географический вестник. 2020b. № 1 (52). С. 7–21.

Шарыгин М.Д., Чупина Л.Б. Современное состояние и место теоретической географии в системе научного знания // Географический вестник. 2017. № 3 (14). С. 4–10.

Шатило Д.П. Трансформация социального пространства глобальных городов. М.: ИНИОН РАН, 2021. 78 с.

Шешельгис К.К. Единая система расселения на территории Литовской ССР: автореф. дис. … д-ра архитектуры. Минск, 1967. 43 с.

Шрейдер Ю.А. О возможности теоретического вывода статистических закономерностей текста (к обоснованию закона Зипфа) // Проблемы передачи информации. 1967. Т. 3, вып. 1. С. 57–63.

Шупер В.А. Вступительное слово // IX Сократические чтения. Проблемы географической реальности / Под ред. В.А. Шупера. М.: Эслан, 2012. С. 8–13.

Шупер В.А. Исследование метрики социально-географического пространства (на примере Центра Европейской части РСФСР: дис. … к-та геогр. наук. М., 1980. 128 с.

Шупер В.А. Направление Медведкова // Известия РАН. Серия географическая. 2008. № 1. С. 131–137.

Шупер В.А. Принцип дополнительности и теория центральных мест // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 1996. № 4. С. 88–94.

Шупер В.А. Самоорганизация городского расселения. М.: Российский открытый университет, 1995a. 168 с.

Шупер В.А. Самоорганизация городского расселения: Приложение. Пер. мемуара Л. Лаланна (1863 г.), его докл. на II Междунар. геогр. конгр. (1875 г.) и ст. А. Фовилля (1908 г.). М.: Российский открытый университет, 1995b. 34 с.

Шупер В.А. Территориальная организация населения и хозяйства России на пороге тектонических сдвигов // Вопросы географии. Сб. 141: Проблемы регионального развития России / Отв. ред. В.М. Котляков, В.Н. Стрелецкий, О.Б. Глезер, С.Г. Сафронов. М.: Издательский дом «Кодекс», 2016. С. 529–538.

Шупер В.А. Территориальная самоорганизация [электронный ресурс]. Режим доступа: http://spkurdyumov.ru/education/territorialnaya-samoorganizaciyaprogramma-speckursa/ (дата обращения: 17.01.2021).

Шупер В.А. Территориальная самоорганизация общества как область исследований и учебная дисциплина // Региональные исследования. 2014a. № 4 (46). С. 40-48.

Шупер В.А. Устойчивость пространственной структуры систем городского расселения: дис. ... д-ра геогр. наук. М., 1990. 223 с.

Шупер В.А. Характерное пространство в теоретической географии // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014b. № 4. С. 5–15.

Щедровицкий Г.П. Оргуправленческое мышление: идеология, методология, технология (курс лекций). 3-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2014. 468 с.

Эм П.П. Применение правила «ранг-размер» для систем размытых центральных мест (на примере новых индустриальных стран) // Региональные исследования. 2013a. № 1. С. 56–59.

Эм П.П. Применение теории фракталов для изучения систем размытых центральных мест // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 6. С. 7–16.

Эм П.П. Системы размытых центральных мест Корейского полуострова: дис. ... к-та геогр. наук. М., 2013b. 194 с.

Яндекс. Расписания [электронный ресурс]. Режим доступа: https://rasp.yandex.ru/ (дата обращения: 30.07.2021).

Allen P., Sanglier M. A Dynamic Model of Growth in a Central Place System // Geographical Analysis. 1979. Vol. 11, No. 3. Pp. 256–72.

Arlinghaus S.L., Arlinghaus W.C. The fractal theory of central place geometry: a Diophantine analysis of fractal generators for arbitrary Löschian numbers // Geographical analysis. 1989. Vol. 21, No. 2. Pp. 103–121.

Arlinghaus S.L., Arlinghaus W.C. Spatial Synthesis: Vol. I, Centrality and Hierarchy. Book 1. Ann Arbor: Institute of Mathematical Geography, 2005. 143 p.

Auerbach F. Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration // Petermanns Geographische Mitteilungen. 1913. Vol. 59. S. 74–76.

Banens M. Vietnam: A Reconstitution of its 20th Centuty Population History. 1999 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00369251/document (дата обращения: 14.12.2021).

Baskin C.W. A critique and translation of Walter Christaller’s Die zentralen Orte in Süddeutschland: A diss. … of Doctor of Philosophy. Ann Arbor: University of Virginia, 1957. 458 p.

Beckmann M.J. City Hierarchies and the Distribution of City Size // Economic Development and Cultural Change. 1958. Vol. 6, No. 3. Pp. 243–248.

Berry B.J.L. Relationships between Regional Economic Development and the Urban System: The Case of Chile // Tijdscrift voor Economische en Sociale Geografie. 1969. No. 60. Pp. 283–307.

Berry B.J.L., Garrison W.L. The functional bases of the central place hierarchy // Economic Geography. 1958. Vol. 34, No. 2. Pp. 145–154.

Best S., Kellner D. The Postmodern Turn. New York: Guilford Press, 1997. 306 p.

Blanton R.E., Kowalewski S.A., Feinmann G., Appel J. Ancient Mesoamerica: a comparison of change in three regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 310 p.

Bobek H. Eine neue Arbeit zur Stadtgeographie // Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1935. Ss. 125–129.

Bosma K. Verbindungen zwischen Ost- und Westkolonisation // Der “Generalplan Ost”: Hauptlinien der nationalsozialistischen Planungs- und Vernichtungspolitik / Rössler M., Schleiermacher S. (eds.). Berlin: Akademie Verlag, 1993. Ss. 198–214.

Briggs Ph. Looking at the numbers: a view of New Zealand’s economic history. Wellington: NZ Institute of Economic Research, 2003. 140 p.

Brinkhoff T. City Population [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.citypopulation.de/Yemen.html (дата обращения: 17.01.2021).

Carol H. Das Agrageographische Berachtungssystem. Ein Beitrag zur Landschaftkundlichen Methodik dargelegt am Beispiel der in Südafrika // Geographica Helvetica. 1952. No. 1. Ss. 17–67.

Census of New Zealand 1881 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/historic_publications/1881-census/1881-results-census.html#idchapter_1_11274 (дата обращения: 23.07.2020).

Census Results and General Statistics Of New Zealand For 1861 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/historic_publications/1861-statistics-nz/1861-statistics-NZ.html#idsect2_1_2135 (дата обращения: 23.07.2020).

Chen Y. Fractal systems of central places based on intermittency of space-filling // Chaos, Solitons & Fractals. 2011. Vol. 44, Is. 8. Pp. 619–632.

Christaller W. Central Places in Southern Germany / Transl. by Baskin C.W. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1966. 230 p.

Christaller W. Die zentralen Orte in Süddeutschland: Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1933. 331 s.

Christaller W. Le località centrali della Germania Meridionale: un'indagine economico-geografica sulla regolarità della distribuzione e dello sviluppo degli insediamenti con funzioni urbane / Trad. di Malutta E., Pagnini P. Milano: F. Angeli, 1980. 342 p.

Christaller W. Ośrodki centralne w południowych Niemczech // Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej. Z. 1 / Przeł. Eberhardt P. Warszawa: IG PAN, 1963. S. 1–72.

Church R.L., Bell T.L. Unpacking Central Place Geometry I: Single Level Theoretical k Systems // Geographical Analysis. 1990. Vol. 22, No. 2. Pp. 95–115.

Crumley C.L. Toward a Locational Definition of State Systems of Settlement // American Anthropologist. New Series. 1976. Vol. 78, No. 1. Pp. 59–73.

Dacey M.F. A Probability Model for Central Place Locations // Annals of the Association of American Geographers. 1966. Vol. 56, Is. 3. Pp. 550–568.

Dacey M.F. The Geometry of Central Place Theory // Geografiska Annaler. Series B, Human Geography. 1965. Vol. 47, No. 2. Pp. 111–124.

Dickinson R.E. City, Region and Regionalism. London: Meuthen, 1947. 328 p.

Dörries H. Die zentralen Orte in Süddeutschland. Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und

Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen by Walter Christaller // Geographische Zeitschrift. 1934. 40, Nu. 5/6. Ss. 233–234.

Drezner Z. A Note on the Location of Medical Facilities // Journal of Regional Science. 1990. Vol. 30, No. 2. Pp. 281–286

Dutch R.A. Census of India. Vol. IV: Bengal Tables. Simla: Government of India Press, 1942. 139 p.

Dziewoński K. Zasady przestrzennego kształtowania inwestycji podstawowych. Warszawa: Evert i Michalski, 1948. 158 s.

Estoup J.B. Gammes sténographiques: recueil de textes choisis pour l'acquisition méthodique de la vitesse, précédé d'une introduction. París: Institut Sténographique, 1908. 144 p.

Farhan H.T. Presentation of the Republic of Yemen on Census 2014 Plan of Population, Housing and Establishments [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sesric.org/imgs/news/image/831-s2-yemen-en.pdf (дата обращения: 14.01.2021).

Fujita M., Krugman P., Mori T. On the evolution of hierarchical urban systems // European Economic Review. 1999. Vol. 43. Pp. 209–251.

Galpin C.J. The Social Anatomy of an Agricultural Community. Madison: Agricultural Experiment Station of the University of Wisconsin, 1915. 34 p.

Geyer H., Kontuly T. A Theoretical Foundation for the Concept of Differential Urbanization // International Regional Science Review. 1993. Vol. 15, No. 2. Pp. 157–177.

Gibbs J.P. The Evolution of Population Concentration // Economic Geography. 1963. Vol. 39, No. 2. Pp. 119–129.

Godlund S. Bus services, hinterlands, and the location of urban settlements in Sweden, specially in Scania // Studies in Rural-urban Interaction (Lund Studies in Geography, Ser. B – Human Geography. No. 3). Lund: C. W. K. Gleerup, 1951. Pp. 14–24.

Gradmann R. Das ländliche Siedlungswesen des Königreichs Württemberg. Stuttgart: Engelhorn, 1913. 136 s.

Graficus.ru [электронный ресурс]. Режим доступа: http://grafikus.ru/plot3d (дата обращения: 18.11.2019).

Griffith D.A. Advanced Spatial Statistics: Special Topics in the Exploration of Quantitative Spatial Data Series. Dordrecht: Springer, 1988. 274 p.

Guo Y.Z. An Overall Urban System: Integrating Central Place Theory and Urban Network Idea in the Greater Pearl River Delta of China // Journal of Environmental Protection. 2018. Vol 9, No. 12. Pp. 1205–1220.

Gusein-Zade S.M. Bunge's Problem in Central Place Theory and Its generalizations // Geographical Analysis. 1982. Vol. 14, No. 3. Pp. 246–252.

Gusein-Zade S.M. Comment on "A Note on the Location of Medical Facilities" by Z. Drezner // Journal of Regional Science. 1992. Vol. 32, No. 2. Pp. 229–231.

Heydari Dastenaei M. The Hierarchyand Central Place Patterns of the Chalcolithic Sites in the Bakhtiari Highlands, Iran // Journal of Anthropological and Archaeological Sciences. 2020. Vol. 2, Is. 2. Pp. 220–229.

Hudson J.C. An Algebraic Relation Between The Lösch and Christaller Central Place Networks // The Professional Geographer. 1967. Vol. 19, Is. 3. Pp. 133–135.

Ikeda K., Murota K. Bifurcation Theory for Hexagonal Agglomeration in Economic Geography. Tokyo: Springer, 2014. 313 p.

India Towns and Urban Agglomerations Classified by Population Size Class in 2011 with Variation Since 1901 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://censusindia.gov.in/2011census/PCA/A4.html (дата обращения: 14.02.2021).

Isard W. Location and Space Economy. New York: Technology Press of Massachusetts Institute of Technology and Wiley, 1956. 350 p.

Jefferson M. Distribution of the World's City Folks: A Study in Comparative Civilization // Geographical Review. 1931. Vol. 21, No. 3. Pp. 446–465.

Johnston R.J. City and Society: An Outline for Urban Geography. London: Routledge, 2007. 296 p.

Kant E. Bevölkerung und Lebensraum Estlands: Ein anthropo-ökologischer Beitrag zur Kunde Baltoskandias. Tartu: Akadeem. Koop, 1935. 280 s.

King L.J. Central Place Theory: Web Book of Regional Science / Ed. by Thrall G.I., Jackson R. Regional Research Institute, West Virginia University, 1985/2020 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://core.ac.uk/download/pdf/322557112.pdf (дата обращения: 17.06.2021).

Knaap van der G.A. Stedelijke Bewegingsruimte: over Veranderingen in Stad en Land. The Hague: Sdu Uitgevers, 2002. 204 b.

Kohl J.G. Der Verkehr und die Ansiedlungen der Menschen in ihrer Abhjängigkeit von der Gestaltung der Erdoberfläche. Dresden – Leipzig: Arnold, 1841. 602 s.

Krenz K. Network Centralities in Polycentric Urban Regions: Methods for the Measurement of Spatial Metrics: A thesis … of Ph.D. in Urban Space and Computation. London, 2018. 378 p.

Krugman P. Confronting the Mystery of Urban Hierarchy // Journal of the Japanese and International Economies. 1996. Vol. 10, Is. 4. Pp. 399–418.

Launhardt W. Mathematical Principles of Economics. Aldershot – Brookfield: Edward Elgar, 1992. 208 p.

Leduka C.R. Lesotho Urban Land Market Scoping Study [электронный ресурс]. Режим доступа: https://housingfinanceafrica.org/app/uploads/scoping_study_gov_ulm_lesotho.pdf (дата обращения: 17.04.2021).

Leduka R., Crush J., Frayne B., etc. The State of Poverty and Food Insecurity in Maseru, Lesotho (Urban Food Security Series No. 21). Kingston, ON and Cape Town: African Food Security Urban Network, 2015. 80 p.

Lesotho Census 2016 – Summary of Key Findings’ [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.bos.gov.ls/2016%20Summary%20Key%20Findings.pdf (дата обращения: 14.04.2021).

Liu H., Liu W. Rank-Size Construction of the Central Place Theory by Fractal Method and Its Application to the Yangtze River Delta in China // 2009 International Conference on Management and Service Science [электронный ресурс]. Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/5301777 (дата обращения: 14.09.2021).

Lotka A.J. Elements of Physical Biology. Baltimore: Williams & Wilkins Co., 1925. 495 p.

Mandelbrot B. Structure Formelle des Textes et Communication // Word. 1954. Vol. 10, Nu. 1. Pp. 1–27.

Mansury Yu., Gulyás L. The emergence of Zipf's Law in a system of cities:An agent-based simulation approach // Journal of Economic Dynamics and Control. 2007. Vol. 31, Is. 7. Pp. 2438–2460.

Marar K.W.P Census of India. Vol. IX: Assam Tables. Simla: Government of India Press, 1942. 66 p.

Meijers E. From Central Place to Network Model: Theory and Evidence of a Paradigm Change // Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. 2007. Vol. 98, No. 2. Pp. 245–259.

Mulligan G.F. Agglomeration and Central Place Theory: A Review of the Literature // International Regional Science Review. 1984. Vol. 9, No. 1. Pp. 1–42.

Nakoinz O. Models of Centrality // Journal for Ancient Studies. 2012. Vol. 3. Pp. 217–223.

Neal Z.P. From Central Places to Network Bases: A Transition in the U.S. Urban Hierarchy, 1900–2000 // City and Community. 2011. Vol. 10, Is. 1. Pp. 49–75.

New Zealand Long Term Data Series [электронный ресурс]. Режим доступа: https://web.archive.org/web/20080305185447/http://www.stats.govt.nz/tables/ltds/ltds-population.htm (дата обращения: 18.08.2020).

New Zealand Official 1992 Year Book [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/1992/NZOYB_1992.html#idsect1_1_13185 (дата обращения: 23.07.2020)

New Zealand Official Yearbook 1972 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/1972/NZOYB_1972.html?_ga=2.237360192.1958238838.1599206994-1312658102.1599075696#idchapter_1_8773 (дата обращения: 23.07.2020).

New Zealand Official Yearbook 1997 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/1997/NZOYB_1997.html#idsect2_1_27615 (дата обращения: 23.07.2020).

New Zealand Official Yearbook 2002 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/2002/NZOYB_2002.html#idsect1_1_23388 (дата обращения: 23.07.2020).

New Zealand Official Yearbook 2008 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/2008/NZOYB_2008.html (дата обращения: 23.07.2020).

Nicolas G., Gadal S. Walter Christaller from “exquisite corpse” to “corpse resuscitated” // S.A.P.I.EN.S. 2009. Vol. 2, No. 2 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://journals.openedition.org/sapiens/843 (дата обращения: 28.02.2020).

Olsson G. Central Place Systems, Spatial Interaction, and Stochastic Processes // Papers of the Regional Science Association. 1967. Vol. 18 (1). Pp. 13–45.

Parr J.B. City Hierarchies and the Distribution of City Size: a Reconsideration of Beckmann’s Contribution // Journal of Regional Science. 1969. Vol. 9, No. 2. Pp. 239–253.

Parr J.B. The Regional Economy, Spatial Structure and Regional Urban Systems // Regional Studies. 2014. Vol. 48, Is. 12. Pp. 1926–1938.

Parr J.B., Denike K.G. Theoretical Problems in Central Place Analysis // Economic Geography. 1970. Vol. 46, No. 4. Pp. 568–586.

Population and Housing Census 2000: Households. Population in households // Statistics Estonia [электронный ресурс]. Режим доступа: http://pub.stat.ee/px-web.2001/I_Databas/Population_census/PHC2000/10Households._Population_in_households/02Population_in_households/02Population_in_households.asp (дата обращения: 17.05.2020).

Population and Housing Census 2011: Location and age-gender distribution of population // Statistics Estonia [электронный ресурс]. Режим доступа: http://pub.stat.ee/px-web.2001/I_Databas/Population_census/PHC2011/09Location_and_age-gender_distribution/02Place_of_residence/02Place_of_residence.asp (дата обращения: 17.05.2020).

Population Number, Area and Density, 1 January by Place of residence, Year and Indicator // Statistics Estonia [электронный ресурс]. Режим доступа: https://andmed.stat.ee/en/stat/rahvastik__rahvastikunaitajad-ja-koosseis__rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV0291U/table/tableViewLayout1 (дата обращения: 05.07.2021).

Preston R.E. The Dynamic Component of Christaller's Central Place Theory and the Theme of Change in his Research // The Canadian Geographer. 1983. Vol. 27, Is. 1. Pp. 4–16.

Report of the Constituency Delimitation Commission. Lesotho. Maseru: Constituency Delimitation Commission, 1985. 146 p.

Report on Results of Census, 1891 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/historic_publications/1891-census/1891-report-on-results-census/1891-report-on-results-census.html#idpreface_1_922 (дата обращения: 23.07.2020).

Report on the Results of a Census of the Colony of New Zealand Taken for the Night of the 31st March, 1901 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/historic_publications/1901-census/1901-report-on-results-census/1901-report-results-census.html#idchapter_1_3926 (дата обращения: 23.07.2020).

Results of a Census of New Zealand, Taken for the Night of the 27th February, 1871 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/historic_publications/1871-census/1871-results-census.html#idpart_1_466 (дата обращения: 23.07.2020).

Results of a Census of the Dominion of New Zealand 1911 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/historic_publications/1911-census/1911-results-census.html#d50e714 (дата обращения: 23.07.2020); Briggs; New Zealand Long Term Data Series].

Reynaud J. Villes // Encyclopédie Nouvelle. 1841. T. VIII. Pp. 670-687.

Robic M.-C. A hundred years before Christaller… A central place theory // L'Espace géographique. 1993. Special issue. Pp. 53–61.

Rood R.J. Spatial analysis in archaeology: Historical developments and modern applications // Lambda Alpha Journal of Man. 1982. Vol. 14. Pp. 25–60.

Rössler M. Applied Geography and Area Research in Nazi Society: Central Place Theory and Planning, 1933 to 1945 // Environment and Planning D: Society and Space. 1989. Vol. 7, Is. 4. Pp. 419–431.

Schlier O. Die zentralen Orte des Deutschen Reichs. Ein statistischer Beitrag zum Städteproblem // Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1937. Ss. 161–169.

Sembajwe I. Lesotho Demographic Profile and Research Agenda. Working Paper No. 1. Maseru: National University of Lesotho, 1984. 36 p.

Shearmur R., Doloreux D. Central places or networks? Paradigms, metaphors, and spatial configurations of innovation-related service use // Environment and Planning A: Economy and Space. 2015. Vol. 47, Is. 7. Pp. 1521–1539.

Sonis M. Central Place Theory after Christaller and Lösch: Some further explorations // 45th Congress of the Regional Science Association, 23–27 August 2005, Vrije Universiteit Amsterdam [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www-sre.wu.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa05/papers/18.pdf (дата обращения: 13.02.2020).

Statistics of New Zealand for the Crown Colony Period, 1840–1852 [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.thebookshelf.auckland.ac.nz/document.php?wid=1151&action=null (дата обращения: 17.02.2020).

Subnational Population Estimates: At 30 June 2019: Statistics New Zealand [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.stats.govt.nz/ (дата обращения: 23.07.2020).

Taylor P.J., Hoyler M., Verbruggen R. External urban relational process: introducing central flow theory to complement central place theory // Urban Studies. 2010. Vol. 47, Is. 13. Pp. 2803–2818.

The Mathematics of Urban Morphology / Luca D'Acci (ed.). Cham: Birkhäuser, 2019. 564 p.

The New Zealand Official Year-Book, 1921-22 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/1921-22/NZOYB_1921-22.html#idsect1_1_16780 (дата обращения: 23.07.2020).

The New Zealand Official Year-Book, 1951–52 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/1951-52/NZOYB_1951-52.html?_ga=2.29145212.1958238838.1599206994-1312658102.1599075696#idchapter_1_18201 (дата обращения: 23.07.2020).

The New Zealand Official Year-Book, 1957 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/1957/NZOYB_1957.html?_ga=2.163036028.1958238838.1599206994-1312658102.1599075696#idchapter_1_17996 (дата обращения: 23.07.2020).

The New Zealand Official Year-Book, 1962 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www3.stats.govt.nz/New_Zealand_Official_Yearbooks/1962/NZOYB_1962.html?_ga=2.205373136.1958238838.1599206994-1312658102.1599075696#idchapter_1_6282 (дата обращения: 23.07.2020).

Theo L. Simplifying Central Place Theory Using GIS and GPS // Journal of Geography. 2011. Vol. 110, Is. 1. Pp. 16–26.

Thünen J. Isolated state. Oxford – New York: Pergamon Press, 1966. 304 p.

Trezib N. Die Theorie der zentralen Orte in Israel und Deutschland: Zur Rezeption Walter Christallers im Kontext von Sharonplan und "Generalplan Ost". Oldenbourg: De Gruyter, 2014. 665 s.

Tuan Yi-Fu. Space and Place. The Perspective of Experience. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2002. 235 p.

Ullman E. A Theory of Location for Cities // American Journal of Sociology. 1941. Vol. 46, No. 6. Pp. 853–864.

Van Meeteren M., Poorthuis A. Christaller and “big data”: recalibrating central place theory via the geoweb // Urban Geography. 2018. Vol. 39, Is. 1. Pp. 122–148.

Vionis A.K., Papantoniou G. Central Place Theory Reloaded and Revised: Political Economy and Landscape Dynamics in the Longue Durée // Land. 2019. Vol. 8, No. 2 (36). DOI: 10.3390/land8020036.

Weber A. Theory of the location of industries. Chicago: University of Chicago Press, 1929. 256 p.

World Population Review [электронный ресурс]. Режим доступа: https://worldpopulationreview.com/countries/djibouti-population (дата обращения: 18.10.2020).

Wunderlich E. Rezension zu: Walter Christaller. Die zentralen Orte in Süddeutschland // Geographische Wochenschrift. 1933. Nu. 1. Pp. 957–958.

Yemen Central Statistical Organisation [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.cso-yemen.com/ (дата обращения: 14.08.2021).

Zipf G.K. National unity and disunity: the nation as a bio-social organism. Bloomington: Principia Press, 1941. 408 p.

Zipf G.K. The psychobiology of language: An introduction to dynamic philology. Boston: Houghton-Mifflin, 1935. 336 p.